

GEOWISSENSCHAFTEN UND MODERNE.
STUDIEN ZUR KULTURGESCHICHTE DER MINERALOGIE
UND CHEMISCHEN GEOLOGIE (1848-1926)

von

BERNHARD FRITSCHER

Universitäts-
Bibliothek
München

12 G 8816

VORWORT

Als die Arbeiten zu dieser Schrift begannen, war eigentlich an eine Studie über die Herausbildung der modernen Mineralogie und Geochemie in den Jahrzehnten um 1900 und über die Vorbereitung dieser Entwicklung in der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie des späten 19. Jahrhunderts gedacht, basierend vor allem auf der Auswertung des umfangreichen Briefwechsels des Münchener Mineralogen und Kristallographen **Paul von Groth** (1843-1927). Und im Grunde ist die Arbeit auch genau dies geworden. Allerdings hat dabei das kleine - und in der Themenstellung kaum auffallende - Wörtchen 'modern' im Verlauf der Arbeit eine sehr viel stärkere Gewichtung erfahren, als dies zunächst beabsichtigt war. Bedingt im wesentlichen durch das Quellenmaterial selbst, hat sich auch der inhaltliche bzw. zeitliche Schwerpunkt etwas verschoben, d. h. er liegt auf der Vorbereitung jener Entwicklung, während die - im wesentlichen erst nach der Jahrhundertwende einsetzende - Herausbildung einer Geochemie im heutigen Verständnis nur mehr in vergleichsweise kurzen Abschnitten behandelt wird.

Eine Folge davon ist die etwas ausführlichere Einleitung, eine andere der etwas überproportionierte Schlußteil, welcher auch eher von einer historischen Anthropologie der 'Moderne' handelt, als von der Geschichte der Geowissenschaften im engeren Sinne. Trotz dieser veränderten Gewichtung möchte die Arbeit allerdings nicht den Anspruch erheben, mehr zu sein als eine Beschreibung der Entwicklung der Geowissenschaften der 'Moderne'. Dies vor allem auch deshalb, weil gerade einige der eher naturphilosophischen bzw. kulturanthropologischen Betrachtungen - zumindest in der hier vorliegenden Form - 'Fragment' bleiben mußten. Die Arbeit ist also eine historische Studie geblieben, nur mit dem Unterschied vielleicht, daß die Begriffe und Konzepte, in denen diese Beschreibung erfolgt, zum Teil den Kultur- und Sozialwissenschaften und weniger der Wissenschaftsgeschichte im engeren Sinne entnommen sind.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort (II)

Inhaltsverzeichnis (III)

Verzeichnis der im Text verwendeten Abkürzungen (V)

A. Zur Einführung: Geowissenschaft der Moderne und Kultur der Moderne (1)

B. Um Stoff, Form und Kräfte. Kulturen der Mineralogie und chemischen Geologie (1848-1926) (25)

1. Mineralogie zwischen Reform und Restauration: Paul von Groth und die Entwicklung einer Chemischen Kristallographie (25)
 - 1.1. "Moderne Mineralogie": Wissenschaftsgeschichte eines mineralogischen Forschungsprogramms (28)
 - 1.1.1. Von der Isomorphie zur Morphotropie: Zur Entstehung und zum Programm der Chemischen Kristallographie (30)
 - 1.1.2. 'Diskontinuierliche Kontinuität': Die Entwicklung der Chemischen Kristallographie bis zu V. M. Goldschmidt (81)
 - 1.2. Eine Mineralogie für das Deutsche Kaiserreich: Die Chemische Kristallographie in sozialgeschichtlicher Perspektive (138)
 - 1.3. Ein Sprachrohr für die Chemische Kristallographie: Die "Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie" (168)
 - 1.3.1. Die Ausbreitung der 'Kulturmineralien': Gründung, Programm und Strategien der "Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie" (169)
 - 1.3.2. Schüler, Freunde, Konkurrenten: Die Mitarbeiter der "Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie" (188)
2. Badischer Liberalismus und Donaumonarchie: Alternative Kulturen der Mineralogie (223)
 - 2.1. Die 'Große Kette der Mineralien': G. Tschermak und die Mineralogie der Silikate (225)
 - 2.2. Die Harmonie der Kräfte: Zur Mineralogie und Kristallographie V. Goldschmidts (252)

IV

- 2.3. 'Mikrobiologie' der Kristalle: O. Lehmann und die flüssigen Kristalle (271))
- 3. Das Ende der Antike: Chemische Geologie und preußische Staatsphilosophie (293)
 - 3.1. C. G. Bischof: Eine "physische Chemie" der Erde (298)
 - 3.2. Am Vorabend der Moderne: Chemische Geologie bei F. Mohr und T. S. Hunt (333)
 - 3.3. Die Bedeutung der Chemie in der romantisch-idealistischen Erdwissenschaft (361)
- C. **Der Verlust der Natur: Bausteine zu einer historischen Anthropologie der Moderne** (383)

Quellen- und Literaturverzeichnis

- 1. Handschriftliche Quellen und Archivmaterialien (424)
- 2. Gedruckte Quellen (427)
- 3. Sekundärliteratur (445)

Verzeichnis der im Text verwendeten Abkürzungen

Archive und Bibliotheken

BSB-Hs = Bayerische Staatsbibliothek München,
Handschriftensammlung

DM-S = Deutsches Museum München, Sondersammlungen

SBB-Hs = Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz,
Handschriftenabteilung

ST-SR = Statsarkivet i Trondheim, Statens Råstofflaboratorium,
Goldschmidt Saksarkiv

UA = Universitätsarchiv (Archiv der Ludwig-Maximilians-
Universität München)

UBB-Hs = Universitäts- und Landesbibliothek Bonn,
Handschriftenabteilung

UBF-GA = Universitätsbibliothek Freiburg, Geologenarchiv

UBO-Hs = Universitätsbibliothek Oslo, Handschriftensammlung

UBW-A = Universitätsbibliothek Wien, Archiv

Sonstige Abkürzungen

CK = P. von Groth: Chemische Kristallographie. 5 Bde. Leipzig
(1906-19).

GLe = Groth, Lebenserinnerungen eines Naturforschers (Ms.) (BSB-
Hs: Grothiana I/29).

ZfK = Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie.

A. ZUR EINFÜHRUNG: GEOWISSENSCHAFT DER MODERNE UND KULTUR DER MODERNE

"Die Moderne kommt in so vielen Bedeutungen daher, wie es Denker oder Journalisten gibt"¹.

"I am professedly a libertine, taking that word in its proper sense, a free thinker, and a free actor; restrained by no laws but those of nature, and those of honour, which is a part of the former"².

Die vorliegende Schrift faßt eine Reihe von Studien zusammen, die sich mit inhaltlich und methodisch unterschiedlichen Aspekten des Themas *Geowissenschaften und Moderne* beschäftigen. Ihr Gegenstand ist weniger eine bestimmte wissenschaftliche Entwicklung, als vielmehr der Prozeß selbst der Herausbildung einer 'Moderne' - verstanden in der kultur- und sozialwissenschaftlichen Bedeutung des Begriffs - in den Geowissenschaften. Dieser Prozeß ist - ebenso wie in anderen Bereichen der Kulturgeschichte, etwa der bildenden Kunst oder der Literatur - kein kontinuierlicher. Und vor allem läßt er sich nicht reduzieren auf bestimmte 'materiale' Entwicklungen: er besteht nicht nur in einer Zunahme empirischer Kenntnisse oder technischer Fähigkeiten, der Ausbildung bestimmter Organisations- oder Kommunikationsformen von Wissenschaft, einer neuen Beziehung auf die Erfordernisse der Industrie oder ähnliche Phänomene (wiewohl alle diese Faktoren hierbei natürlich eine Rolle spielten). Was die moderne Geowissenschaft zu einer 'modernen' machte, waren weniger neue Ansätze und Methoden, als vielmehr

1. B. Latour (1995), S. 18.

2. Anonymus, *The modern fine gentleman* (1774), S. 94.

Bitte beachten: "im folgenden" stets klein.

neue Fragen, die hinter diesen Methoden und Ansätzen standen³. Die Herausbildung einer 'Moderne' in den Geowissenschaften vollzog sich so in einer Reihe von unterschiedlichen - zum Teil sogar gegensätzlichen -, dabei aber zeitlich mehr oder weniger parallel laufenden einzelnen 'Kulturen' der Geowissenschaften⁴.

Es entspricht so der historischen Situation selbst, wenn die einzelnen Kulturen hier aus zum Teil sehr unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden. Der 'Einheit stiftende Gedanke' der Arbeit liegt eher im Begriff der 'Moderne', als in einer bestimmten - etwa sozial- oder ideengeschichtlichen, historisch deskriptiven oder auch kulturanthropologischen - Betrachtungsweise der 'Moderne'. Diesen gedanklichen Zusammenhang etwas genauer zu entwickeln, ist die Aufgabe dieser Einführung.

Die Frage nach dem 'Ursprung der Moderne', nach der Herausbildung der neuen Bewußtseinsstrukturen, die die 'Moderne' charakterisieren, gehört zweifellos zu den zentralen Problemen der heutigen Kultur- und Sozialwissenschaften. **Max Weber** (1864-1920) hat die Erkenntnis, wie die moderne und die heutige Welt zu dem geworden sind, was sie sind, zum zentralen Thema seiner Forschungen gemacht, und seitdem hat die 'Moderne' in all ihren komplexen und widersprüchlichen Facetten nichts an Aktualität verloren⁵. Entscheidend forciert wurde die Moderne-Diskussion in den 70-er Jahren durch das Schlagwort von der 'Postmoderne': *AW* Entstanden in der nordamerikanischen Literaturdebatte und dann vor allem als Bezeichnung für neue (klassizistische) Tendenzen in

3. Vgl. hierzu vor allem Jardine (1991), S. 1-5.

4. Zur Bedeutung und zum Gebrauch des Begriffes 'Kultur' vgl. vor allem Jardine (1991), S. 11-20. Vgl. auch die einzelnen Beiträge in Jardine/Secord/Spary (Hrsg.) (1995). Wenn hier allein Kulturen der Mineralogie und chemischen Geologie behandelt werden, so ist dies allein Ergebnis der bewußten inhaltlichen Beschränkung der Arbeit. Es bedeutet natürlich nicht, daß für die Herausbildung einer Moderne in den Geowissenschaften nicht auch die Geologie, die physische Geographie oder andere geowissenschaftliche Teildisziplinen eine Rolle gespielt haben.

5. Vgl. exemplarisch Weber (1904). Vgl. Nelson (1986), S. I-XVI. Speziell zu M. Webers Verständnis von Moderne vgl. etwa Peukert (1989a, 1989b); zu dessen Konzept von "Rationalität" vgl. auch Käsler (1995), passim. Für einen ersten Einblick in den weiteren Rahmen bzw. die Geschichte dieser kultur- und sozialwissenschaftlichen 'Moderne'-Diskussion eignen sich etwa die einzelnen Beiträge in von Bruch/Graf/Hübinger (Hrsg.) (1989) und B. Turner (Hrsg.) (1990) sowie Welsch (1993), Alexander (1994), Lefebvre (1978), Münch (1984; 1986), Habermas (1981), Loo/Reijen (1992), W. Fritscher (1989).

der Kunst, insbesondere der Architektur im Gebrauch, wurde der Begriff spätestens mit **Jean-François Lyotards** Werk *Das postmoderne Wissen* auch in der soziologisch-philosophischen Literatur zu einem - ebenso häufigen wie umstrittenen - Standardbegriff. Heute steht 'Postmoderne'⁶ gewissermaßen stellvertretend für die geistige Situation unseres gegenwärtigen Zeitalters, im Gegensatz zu den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts als den eigentlich konstitutiven Jahren der 'Moderne'.

Diese Diskussion beschäftigt vor allem die Kultur- und Sozialwissenschaften. Insbesondere die Soziologie, die Philosophie, die Literatur- und die Kunstgeschichte bemühen sich um das Verständnis dessen, was heute - ganz selbstverständlich - als 'moderne Gesellschaft', 'moderne Literatur' oder 'moderne Kunst' bezeichnet wird. Die in den letzten beiden Jahrzehnten dominierenden Bemühungen der Wissenschaftsgeschichte, die Entwicklung der (Natur)Wissenschaften vor allem auch in ihrem kulturgeschichtlichen Kontext zu erklären, haben allerdings inzwischen auch hier eine Reihe von Arbeiten entstehen lassen, welche sich die Analyse der Entwicklung der Naturwissenschaften in den Jahrzehnten um 1900 in Kategorien der kultur- und sozialwissenschaftlichen 'Moderne-Diskussion' zum Ziel gesetzt haben⁷.

Bisher gilt dies allerdings in erster Linie für die Geschichte der Mathematik und der exakten Naturwissenschaften

6. Zur Entwicklung und zur Bedeutung des Begriffs der 'Postmoderne' vgl. vor allem Welsch (1993), hier besonders S. 14-17 & 65-85. Vgl. auch B. Turner (1990), hier S. 6-10; Smart (1990), S. 25f. Zur Rolle und zur Bedeutung J.-F. Lyotards, des eigentlichen Philosophen der Postmoderne in dieser Entwicklung vgl. etwa Reese-Schäfer (1989); C. Turner (1990).

7. Verwiesen sei hierzu vor allem auf Mehrtens (1990) als einem Beispiel, eine konkrete wissenschaftliche Entwicklung (die Diskussion um die Grundlagen der Mathematik zu Beginn unseres Jahrhunderts) als ein Phänomen von 'Moderne' zu verstehen. Vgl. hierzu auch das Nachwort von H. Mehrtens in Mehrtens/Bos/Schneider (Hrsg.) (1981). Vgl. daneben vor allem auch Johnson (1990), hier S. 200-10. Vgl. ferner Meinel (1991); Nelson (1986), hier S. 94-139; Trischler (1996); Ash (1996). Von den einschlägigen Arbeiten von Seiten der Wissenschaftssoziologie sei hier exemplarisch verwiesen auf Bloor (1976); Barnes/Bloor/Henry (1996); Berger/Luckmann (1967). Diese setzen sich vielfach kritisch mit der gängigen sozialwissenschaftlichen Bestimmung von 'Moderne' auseinander (s. u.), sind aber doch letztlich nur auf deren Hintergrund verständlich. Vgl. etwa Knorr-Cetina (1994); Latour (1995), hier vor allem S. 174-7.

sowie der Technik. Hinsichtlich der Geschichte der Geowissenschaften sind hierzu kaum Ansätze zu vermelden. Zwar hat in den letzten Jahren die Entwicklung der Geowissenschaften in den Jahrzehnten um 1900 - also in der Zeit des Übergangs von der 'neuzeitlichen Moderne' zur 'Moderne des 20. Jahrhunderts' - verstärkte Beachtung gefunden. Und auch das (vor wenigen Jahren noch praktisch überhaupt nicht vorhandene) Interesse für epistemologische bzw. methodologische Probleme der Entwicklung der modernen Geowissenschaften ist durchaus gewachsen⁸. Aber die Frage nach der Entwicklung der Geowissenschaft als einem Teil der 'Kultur der Moderne', so wie sie von den Kultur- und Sozialwissenschaften beschrieben wird, hat dabei bisher keine Beachtung gefunden⁹.

Dies mag zunächst auch kaum verwunderlich sein, denkt man doch bei dem - in erster Linie mit der bildenden Kunst, der Musik und der Literatur oder (im Bereich der Wissenschaften) mit der Mathematik und der Physik unseres Jahrhunderts assoziierten - Begriff 'Moderne' nicht zuerst an die Geowissenschaften, und schon gar nicht an die Mineralogie und Petrologie. Zwar wird (zumindest von Seiten der Geowissenschaftler selbst) durchaus von einer - wie auch immer im einzelnen zu bestimmenden - 'modernen Geowissenschaft' gesprochen. Aber wenn etwa **B. Mason** in seiner 1992 erschienenen Biographie des norwegischen Geochemikers und Mineralogen **Victor Moritz Goldschmidt** (1888-1947) diesen nicht nur als "Vater der Geochemie", sondern ausdrücklich als "Father of modern Geochemistry" (Herv. B. F.) bezeichnet, oder wenn eine 1969 gegründete geologische Zeitschrift - so zumindest ihr Titel - explizit die "Modern Geology" (Herv. B. F.) zu ihrem Thema machte, so dürfte hier kaum jener komplexe, vielgestaltige und widersprüchliche Begriff von 'Moderne' impliziert sein, wie er von den Kultur- und Sozialwissenschaften diskutiert wird¹⁰.

8. Vgl. vor allem B. Fritscher (1990; 1991a; 1992); Sengör (1991). Vgl. auch Laudan (1982); Hofbauer (1993).

9. Man vergleiche in dieser Hinsicht nur einmal einige Jahrgänge der Zeitschrift "Earth Science History". Deren Beiträge gelten fast ausschließlich der Entwicklung der Geowissenschaften der letzten ca. 200 Jahre, bleiben dabei aber doch weitgehend einer eher materialgeschichtlichen Perspektive verpflichtet.

10. Die Gründe hierfür brauchen uns hier nicht zu beschäftigen. Allerdings scheint hierfür nicht zuletzt eine gewisse 'historische Tradition' mit verantwortlich zu sein. Obwohl gerade die Geowissenschaften (und vor allem die Geographie) sich gerne als 'interdisziplinäre Disziplinen' begreifen, so scheint doch gerade bei ihnen die 'Neigung', Ansätze und Fragestellungen der Nachbardisziplinen aufzugreifen, 'wenig entwickelt' zu sein. Vgl. hierzu etwa Lacoste (1975), S. 238f. Zum Teil ist dies allerdings

Dies also möchte die vorliegende Schrift tun, nicht ausschließlich zwar, aber doch in einzelnen Teilen. Sie ist ein Versuch, die Entwicklung der Mineralogie und der chemischen Geologie von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zum Beginn des ersten Weltkrieges als Teil der Entwicklung einer 'Kultur der Moderne' verständlich werden zu lassen¹¹. Ihr Ziel ist weniger eine umfassende und inhaltlich 'erschöpfende', als vielmehr eine 'gegliederte' Darstellung der Herausbildung einer Moderne in den Geowissenschaften¹².

Dieser Zielsetzung entsprechend ist auch die - natürlich nicht als absolut zu verstehende - zeitliche Begrenzung der Schrift gewählt. Die Jahre 1848 und 1926 sind 'Zeitmarken' nicht nur der Entwicklung einer geowissenschaftlichen, sondern zugleich einer kulturgeschichtlichen Moderne. Es ist der Zeitraum von den Märzrevolutionen in Deutschland und Österreich (1848) - oder auch der Begründung eines "wissenschaftlichen Sozialismus" durch **Karl Marx** (1818-1883) und **Friedrich Engels** (1820-1895) in ihrem *Kommunistischen Manifest* (1848)¹³ - bis in die ersten Jahre nach dem ersten Weltkrieg. 1926 wurde der Deutsch-Sowjetische Freundschafts- und Neutralitätsvertrag geschlossen und Deutschland trat dem Völkerbund bei. Nach der Neuordnung der Währung (1923) und der Konferenz von Locarno (1925) schien sich die Weimarer Republik endgültig konsolidiert zu haben und eine gewisse 'Rückkehr zur Normalität' erreicht zu sein¹⁴. /ss

Entsprechende 'Zeitmarken' der Geschichte der Geowissenschaften sind **Louis Pasteurs** (1822-1895) Entdeckung des

auch nicht ganz unverständlich. Die Moderne-Diskussion der Kultur- und Sozialwissenschaften hat heute eine Breite angenommen, die es bisweilen nicht ganz einfach macht, zu entscheiden, wo die sozialwissenschaftliche Analyse aufhört und - vorsichtig ausgedrückt - die 'intellektuelle Spielerei' beginnt. Insbesondere hinsichtlich des schillernden Begriffs der 'Postmoderne' dürfte es kaum noch ein Phänomen geben, welches hierunter nicht schon subsumiert wurde.

11. Im Gegensatz vor allem zu den Versuchen, diese Entwicklung auf einzelne (natürlich nicht unbedeutende, aber eben doch nicht allein maßgebende) 'intere Faktoren' zu reduzieren, wie etwa die Aufnahme der neuen physikalischen Chemie in den Geowissenschaften, welche gerne als das wesentliche Kennzeichen der Geochemie des 20. Jahrhunderts gegenüber der älteren chemischen Geologie beschrieben wird. Vgl. exemplarisch Eugster (1971); Yoder (1980); Manten (1966).

12. Vgl. in diesem Sinne etwa das Nachwort zu Hofmann (1974), S. 263.

13. Vgl. hierzu vor allem auch Berman (1982).

14. Zu diesen wesentlichen Daten der deutschen Geschichte vgl. exemplarisch Rovan (1995), hier S. 449-551.

Enantiomorphismus (d. h. von spiegelbildlichen Kristallformen) im Jahr 1848¹⁵ oder **C. G. Bischofs** "Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie", dessen erster Band ein Jahr früher (1847) erschienen war. Auf der anderen Seite stehen **V. M. Goldschmidts** Arbeit über *Die Gesetze der Krystallochemie* von 1926, **A. E. H. Tuttons** (1864-1938) im gleichen Jahr erschienenenes Werk *Crystalline Form and Chemical Constitution* und die Gründung des *Kaiser-Wilhelm-Instituts für Silikatforschung* am 1. April des Jahres in Berlin-Dahlem unter seinem ersten Direktor **Wilhelm Eitel** (1891-1979)¹⁶. Die Entdeckung **Pasteurs** hat den Weg zur Stereochemie eröffnet und damit den zur Analyse der (inneren) räumlichen Struktur der Kristalle. Für **Groth** war sie einer der wesentlichen Scheidepunkte zwischen der klassischen und der modernen Mineralogie bzw. einer der Ansatzpunkte seiner Konzeption einer Chemischen Kristallographie. **Bischof** steht mit seinem Werk eher am Ende der klassischen chemischen Geologie als am Beginn der modernen Geochemie. Gleichwohl hat er dieser - etwa hinsichtlich der Erforschung des "Stoffwechsels der Erde" - zentrale Fragestellungen vorgegeben. Demgegenüber stehen die Arbeiten **Goldschmidts** und **Tuttons** gewissermaßen für die 'Rückkehr zur Normalität' in der Mineralogie. **Goldschmidt** hat in der genannten Schrift die zentrale Frage der Chemischen Kristallographie, die nach dem Zusammenhang von Kristallbau und chemischer Zusammensetzung, auf der Grundlage der Röntgenkristallographie und der neuen Kenntnisse über den Atombau neu formuliert und damit für diese Frage einen vorläufigen Schlußpunkt gesetzt. Und **Tutton** hat in seinem Werk - eigentlich mehr eine Geschichte der Chemischen Kristallographie seit **E. Mitscherlich** als eine Darstellung des aktuellen Forschungsstandes - vor allem deutlich zu machen versucht, daß die neue Röntgenkristallographie die Ergebnisse der älteren Chemischen Kristallographie weitgehend bestätigt - und eben nicht, wie zunächst befürchtet, widerlegt - hat. Eine analoge Bedeutung, allerdings in einer eher wissenschaftssoziologischen Perspektive, gewinnt die Gründung des *Kaiser-Wilhelm-Instituts für Silikatforschung*. Es steht, wie das 1906 gegründete

15. Eine Entdeckung, die nach P. von Groth sowohl für die "Krystallkunde" als auch für die Chemie von "epochemachender Bedeutung" war. Groth (1926), S. 134. Vgl. hierzu auch Schütt (1984), S. 208-11.

16. Vgl. Vierhaus/vom Brocke (Hrsg.) (1990), S. 921.

Geophysikalische Laboratorium der *Carnegie-Institution* - die erste 'moderne Großforschungseinrichtung' der chemisch und physikalisch orientierten Disziplinen der Geowissenschaften - oder auch das Mineralogische Institut **V. M. Goldschmidts** (1853-1933) in Oslo, für die 'Fabrikation von Wissen' in der Mineralogie und Petrologie¹⁷. Hatten sich in dieser Hinsicht das Geophysikalische Laboratorium oder auch das **Goldschmidt**-Institut in Oslo noch 'avantgardistisch'¹⁸ gezeigt, so war die 'Fabrikation der Mineralien und Gesteine' im Berliner Institut gewissermaßen schon 'alltäglich' geworden.

Diese Zeitmarken sind, wie gesagt, nicht als 'absolute Grenzen' zu verstehen, weder der geowissenschaftlichen noch der kulturgeschichtlichen Moderne. Auch werden, wie ebenfalls bereits angedeutet, diese Eckpunkte selbst zum Teil nur mehr am Rande zu behandeln sein: Der Untersuchungszeitraum umfaßt im wesentlichen - bedingt durch den zeitlichen Umfang des Briefwechsels **Groths** - die Jahre von ca. 1870 bis 1914. Vielmehr sind diese sehr bewußt gewählten Zeitmarken eher als äußerer Ausdruck des 'Blickwinkels' zu verstehen, der hier eingenommen ist. Das zeitliche Zusammenfallen markanter Entwicklungsschritte der geowissenschaftlichen Moderne mit solchen der politisch-sozialen Moderne ist zunächst natürlich zufällig. Auf der anderen ^{Seite} ist es aber auch nicht nur zufällig. Zwar wird der Versuch, einen direkten ursächlichen Zusammenhang zwischen konkreten naturwissenschaftlichen Entwicklungen und ihrem sozial- und kulturgeschichtlichen Kontext finden zu wollen, in aller Regel vergeblich bleiben¹⁹. Trotzdem müssen beide doch immer auch als gemeinsamer Ausdruck einer historischen Epoche, d. h. eines

17. Zu diesem zentralen soziologischen Charakteristikum wissenschaftlicher 'Moderne' vgl. insbesondere Knorr-Cetina (1980; 1984).

18. Der Begriff der Avantgarde spielt insbesondere in der Diskussion um die Herausbildung einer Moderne in der Kunst eine Rolle. Vgl. etwa die einzelnen Beiträge im 2. Bd. von Piechotta/Wuthenow/Rothemann (Hrsg.) (1994). Vgl. auch Bürger (1981); Plessner (1970), S. 179f. H. Mehrrens (so in einem Kolloquiumsvortrag in Regensburg im März 1994) sieht die Entstehung einer Avantgarde überhaupt als das wesentliche Charakteristikum von Moderne.

19. Vgl. hierzu auch das Vorwort von R. Harré in Knorr-Cetina (1980), S. 11-4.

gemeinsamen "historischen Erfahrungsraumes"²⁰ gesehen werden, und das heißt im vorliegenden Fall: der 'Kultur der Moderne'²¹.

Inhaltlich sind es dann vor allem zwei Schwerpunkte, um die sich die einzelnen hier beschriebenen Kulturen der Mineralogie und chemischen Geologie anordnen lassen. Dies ist zum einen die Entwicklung einer *Chemischen Kristallographie* durch **P. von Groth**, und zwar zum einen das Forschungsprogramm dieser Chemischen Kristallographie selbst, seine Ursprünge und seine Weiterführung bis zur *Krystallochemie* **V. M. Goldschmidts**, zum anderen die Geschichte der von **Groth** gegründeten *Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie* (ZfK) als dem eigentlichen 'Sprachrohr' der Chemischen Kristallographie. Das **Grothsche** Forschungsprogramm und die ZfK stehen vor allem auch für eine neue Gewichtung der künstlichen Mineralien und chemischen Verbindungen als Gegenstand der Mineralogie, womit sich in ihnen die Ausbildung einer Moderne in den Geowissenschaften nicht zuletzt im Sinne jener *Natur/Kultur* der (wissenschaftlichen) Moderne spiegelt, wie sie **B. Latour** als deren eigentliches Kennzeichen propagiert hat²². In sozialgeschichtlicher Perspektive ist die Chemische Kristallographie ein Produkt des Zweiten Deutschen Kaiserreichs. Dies gilt konkret für den Auf- und Ausbau der **Grothschen** Institute in Straßburg und München, insbesondere des ersteren, welches ein gewissermaßen 'direktes Produkt' der politischen Entwicklung war. Diese Zusammenhänge bieten zugleich einen Ansatzpunkt dafür, die Entwicklung der Chemischen Kristallographie mit Blick auf ein (wissenschaftssoziologisches, primär auf Aspekte der

20. Zu diesem Begriff vgl. Krafft (1976), S. 59. Krafft versteht unter einem "historischen Erfahrungsraum" in einem umfassenden Sinn die "geistige Sphäre" einer historischen Epoche bzw. den in dieser Epoche "die Denk- und Sehweise bestimmenden außerindividuellen Bereich". Vgl. hierzu auch Krafft (1988).

21. Etwas konkreter formuliert heißt das, daß sich die Frage nach dem Zusammenhang von politisch-sozialer und (natur)wissenschaftlicher Kultur nicht in der nach bloßen instrumentellen Zusammenhängen zu erschöpfen braucht, sondern daß diese eben auch als die Frage nach möglichen "inneren Zusammenhängen", d. h. als die Frage, wie weit nicht die Inhalte der naturwissenschaftlichen Forschungsprogramme selbst Ausdruck des "historischen Erfahrungsraumes" sind. Vgl. in diesem Sinne etwa die Überlegungen von M. Ash zu den Wechselwirkungen von moderner Wissenschaft und moderner Kriegsführung, hier vor allem Ash (1996), S. 71. Bezüglich einiger analoger Wechselwirkungen zwischen Geologie und Politik am Ende des 18. Jahrhunderts vgl. B. Fritscher (1991b).

22. Vgl. Latour (1995), hier vor allem S. 7-9 & 25-29.

Institutionalisierung zielendes) Modernisierungs-Modell zu diskutieren, nämlich das der sogenannten *konservativen* oder *deutschen Modernisierung*²³. Und nicht zuletzt kann hier auch nach einigen möglichen 'inneren Zusammenhängen' (vgl. oben Anm. 21) zwischen der Gestalt der Chemischen Kristallographie und der des von **Bismarck** geführten Preußischen Staates gefragt werden.

Gegenstand des zweiten Teiles sind dann einige - sowohl im Hinblick auf die wissenschaftlichen Inhalte als auch den geistesgeschichtlichen und politischen Kontext - 'alternative Kulturen der Mineralogie': die Wiener Schule **G. Tschermaks** (1836-1927), die Heidelberger Schule **V. Goldschmidts** (1853-1933) und **O. Lehmanns** (1855-1922) Lehre von den flüssigen Kristallen. Eine inhaltliche und methodische Alternative zur Chemischen Kristallographie **Groths** bildeten diese insofern, als sie alle mehr oder weniger dem **Grothschen** 'Atomismus' und 'Realismus' entgegenstanden und dabei die Mineralogie eher an der Biologie als an der Chemie orientiert sehen wollten. 'Alternativ' sind diese Kulturen aber auch deshalb, weil sie sich gerade dort entwickelt haben, wo sich der Einfluß Preußens zunächst nur in geringerem Maße oder gar nicht geltend machen konnte, im liberalen Baden und im Österreich nach 1866.

Den zweiten inhaltlichen Schwerpunkt, neben der Chemischen Kristallographie **P. von Groths**, bildet die chemische und physikalische Geologie **C. G. Bischofs** (1792-1870). Sie ist der Hauptgegenstand des dritten Teiles. Ebenso wie die Chemische Kristallographie als ein Produkt der **Bismarck**-Ära gelten kann, liegen die Wurzeln der Chemischen Geologie im Deutschland vor 1848, d. h. in der romantisch-idealistischen Naturphilosophie als der 'Preußischen Staatsphilosophie' in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts. Damit steht die Chemische Geologie **Bischofs** - im Gegensatz zu **Groths** Chemischer Kristallographie - dann auch eher am Ende der 'klassischen Geowissenschaft' als am Beginn der Geochemie der Moderne. Als eine 'physische Chemie der Erde' blieb sie einem klassischen Naturbegriff verhaftet und bezeichnet so gewissermaßen das 'Ende der Antike' der Geowissenschaften. Im Hinblick auf die geistesgeschichtlichen Wurzeln der chemischen Geologie **Bischofs** bzw. auf deren Stellung zur Moderne wird dabei

23. Siehe hierzu dann vor allem auch J. A. Johnsons analoge Analyse der Entwicklung der Chemie im Wilhelminischen Deutschland. Vgl. Johnson (1990), hier vor allem S. 1-11.

auch die Konzeption einer chemischen Geologie in der romantisch-idealistischen Naturforschung selbst etwas näher zu behandeln sein. Das Kapitel über **F. Mohr** (1806-1879) und den nordamerikanischen Chemiker und Mineralogen **T. S. Hunt** (1826-1892) ist ein Versuch, die angedeuteten politischen und sozialgeschichtlichen Bezüge der chemischen Geologie - welche sie dann auch nach 1848 zunehmend 'unzeitgemäß' erscheinen ließen - etwas deutlicher herauszuarbeiten.

Im Schlußteil schließlich werden einige der Probleme der Entwicklung der Chemischen Kristallographie und der Chemischen Geologie noch einmal aus einer im weiteren Sinne kulturanthropologischen Perspektive diskutiert. Dabei geht es zunächst um die konstitutive Bedeutung, welche eines der - seit **Aristoteles** - grundlegenden Probleme der abendländischen Naturphilosophie, nämlich das des Zusammenhangs von Stoff und Form, für die neuzeitliche Mineralogie und Kristallographie hatte. Und dabei wird dann auch zu fragen sein, wie weit die Entwicklung der Chemischen Kristallographie bis zu **V. M. Goldschmidt** zugleich als 'Lösung' - oder besser: als 'Auflösung' - dieses naturphilosophischen Problems gesehen werden kann. Thesenartig formuliert, manifestierte sich auch in der Mineralogie und Chemischen Geologie der Jahrhundertwende ein Zentralmotiv der Moderne, das man vielleicht als das 'Verschwinden der Materie' bezeichnen könnte. Dieses Zentralmotiv manifestierte sich nun allerdings nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern es war ein zentrales Thema auch der Literatur oder der bildenden Kunst der Jahrhundertwende²⁴. Und in diesem Sinne versteht sich der letzte Teil dann auch als ein Beitrag zu einer historischen Anthropologie der Moderne.

Es war nun verschiedentlich von einer 'Geowissenschaft der Moderne' als dem eigentlichen Gegenstand der vorliegenden Schrift die Rede gewesen. Einzelne inhaltliche Momente und auch eine zeitliche Umgrenzung dieser 'geowissenschaftlichen Moderne' sind bereits gegeben worden. Demnach geht es hier also nicht um das, was man oft etwas unbestimmt *moderne Geowissenschaft* im Sinne der neuzeitlichen, gar der Gegenwart zugehörigen Geowissenschaft nennt (im Gegensatz zur Geowissenschaft der Aufklärung, der

24. Vgl. etwa Kandinsky (1912b); Asendorf (1989).

sogenannten Klassik, der Romantik usw.), sondern vielmehr um die *Geowissenschaft der Moderne*, die weit in das 19. Jahrhundert zurückreicht - wie es in diesem Sinne umgekehrt auch eine zeitgenössische Geowissenschaft gibt, die, ohne deswegen als 'falsch' oder 'veraltet' gelten zu müssen, nicht als 'modern' bezeichnet werden kann²⁵.

Der Begriff der 'Moderne' selbst ist allerdings bisher weitgehend offen geblieben. Und es wäre wohl auch ein vergebliches Bemühen, hierfür eine schlüssige Definition geben zu wollen. Die Antworten auf die Frage, was denn 'die Moderne' eigentlich ist bzw. wie sie zu bestimmen wäre, sind in etwa so zahlreich wie die Arbeiten, die sich mit ihr beschäftigen²⁶: allein die Angaben zur zeitlichen Umgrenzung der Moderne reichen von der Mitte des 15. Jahrhunderts (Erfindung des Buchdrucks) bis zum Beginn des I. Weltkrieges²⁷. Die Aufgabe der folgenden Überlegungen kann es deshalb nur sein, diesem Begriff zumindest einige vorläufige Inhalte zu geben und so ein erstes Vorverständnis dafür zu wecken, was hier unter der 'Moderne' als einem eigenständigen "historischen Erfahrungsraum" von (Geo)Wissenschaft verstanden wird.

Diejenige Wissenschaft, welche sich bisher wohl am ausführlichsten mit der Bestimmung von Moderne auseinandergesetzt hat, ist zweifellos die Literaturgeschichte²⁸. Der Grund dafür

25. Vgl. hierzu vor allem auch die Unterscheidung von R.-R. Wuthenow zwischen einer "europäischen Literatur der Moderne" und einer "modernen europäischen Literatur" im Vorwort zu Piechotta/Wuthenow/Rothemann (Hrsg.) (1994) I, S. 7.

26. Vgl. das als Motto vorangestellte Zitat B. Latours.

27. Eine ausführliche Diskussion dieses Problems (allerdings vor allem mit Bezug auf die Literaturgeschichte) gibt Japp (1987), hier vor allem S. 31-34 & 294-302. Das wohl am häufigsten als eigentlicher Beginn der (politisch-sozialen) Moderne genannte Ereignis ist die französische Revolution, welche auch durchaus in vieler Hinsicht als 'Richtwert' dienen kann. Vgl. hierzu etwa Kossock (1989). Eine zweite wesentliche 'Standardmarke' ist der Beginn des Ersten Weltkrieges, der demgegenüber als 'Grenze' zwischen der neuzeitlichen Moderne (das heißt: dem alten bürgerlichen Europa) und der eigentlichen Moderne des 20. Jahrhunderts angesehen wird. Vgl. etwa Trischler (1996), S. 95f.

28. Siehe vor allem die in der vorhergehenden Anmerkung genannte Arbeit von Japp (1987). Eine Reihe von literaturhistorischen Dokumenten zur Entstehung des Begriffs bzw. zur frühen Diskussion um die Moderne finden sich bei Wunberg (Hrsg.) (1981). Einen Überblick über den gegenwärtigen Diskussionsstand bzw. über eine Reihe spezieller Aspekte der literaturgeschichtlichen Moderne-Diskussion geben die einzelnen Beiträge in Piechotta/Wuthenow/Rothemann (Hrsg.) (1994). Vgl. ferner Smart (1990), hier S. 18-20.

ist, daß es eben die Literaturgeschichte war, in der dieser Terminus erstmals 1887 in seiner substantivischen Verwendung auftauchte bzw. in der naturalistischen Literatur einen ersten konkreten Inhalt erhielt. Das bekannteste Zeugnis für das Selbstverständnis und die Ziele dieser literarischen Moderne sind die 1887 anonym in der *Allgemeinen Deutschen Universitätszeitung* veröffentlichten zehn *Thesen zur literarischen Moderne*. Die sechste dieser Thesen, eben jene, in der nun erstmals die Moderne erscheint, lautet:

"Unser höchstes Kunstideal ist nicht mehr die Antike, sondern die Moderne"²⁹.

Dies klingt ebenso lapidar, wie es zugleich das Problem auf den Punkt bringt. Wovon sich die Moderne zu allererst abgrenzt, das ist die Antike, und zwar eine Antike, die eben bis weit ins 19. Jahrhundert gewirkt hat. Etwas ausführlicher noch hat dies der Schriftsteller und Theoretiker des Naturalismus, **Heinrich Hart** (1855-1906), formuliert:

"Ein Jahrhundert geht zu Ende. ... Ich sehe größeres zu Ende gehen, nicht einen menschlichen Zahlbegriff, sondern eine menschliche Wirklichkeit. Eine Menschheitsepoche sinkt in den Abgrund der Zeit hinab, ... Und eine neue Geistesära taucht empor. Seit Jahrhunderten schon wogt die Dämmerung, ... Aber die Stunde ist nicht mehr fern, in der es ... welterleuchtend hervorbrechen wird. Die Antike ringt in den letzten Todeskämpfen, die Moderne hebt sich jugendlich empor"³⁰.

Dabei ist sich die Moderne ihrer Wurzeln durchaus bewußt. **Hart** nennt - neben **C. Darwin** und **R. Bunsen** - **N. Copernikus**, **J. Kepler**, **F. Bacon** und **I. Kant** als deren Wegbereiter³¹. Und die *Thesen* sehen den Ursprung der neuen Literatur in einer "täglich mehr an Boden gewinnenden Weltanschauung", welche ein gemeinsames Ergebnis sei "der deutschen idealistischen Philosophie, der siegreich die Geheimnisse der Natur entschleiernden Naturwissenschaft und der alle Kräfte aufrüttelnden, die Materie umwandelnden, alle Klüfte überbrückenden technischen Kulturarbeit". Diese "Weltanschauung" sei eine "humane im reinen

29. Die "Thesen zur literarischen Moderne" sind anonym und ohne Titel erschienen in der "Allgemeinen Deutschen Universitäts Zeitung. Central-Organ für die geistigen Interessen der Studierenden und Studierenden, Organ der Deutschen Akademischen Vereinigung" 1 (1887), Nr. 1, S. 10. Zur Veröffentlichung eingereicht hatte sie die "in Berlin bestehende freie literarische Vereinigung 'Durch'". Hier zit. nach Wunberg (Hrsg.) (1971), S. 2.

30. Hart (1890); hier zit. nach Wunberg (Hrsg.) (1971), S. 69.

31. Hart (1890); hier zit. nach Wunberg (Hrsg.) (1971), S. 70f.

Sinne des Wortes", insofern als sie sich wesentlich in einer "Neugestaltung der menschlichen Gesellschaft, wie sie unsere Zeit von verschiedenen Seiten her anbahnt", geltend mache³². Moderne in dieser Bedeutung steht also für eine Weltanschauung, die im wesentlichen für die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts in Anspruch genommen wird, die sich bewußt als Gegensatz zur Antike begreift und die sich dabei ebenso bewußt als 'Moderne' versteht.

Mit Bezug auf die Naturwissenschaften wäre dabei zunächst der Aspekt der bewußten Ablösung von der Antike festzuhalten. Wie auch immer diese Ablösung in der Neuzeit vorbereitet wurde, endgültig vollzogen hat sie sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Dabei war dieser Prozeß allerdings ein eher kontinuierlicher, d. h. alle die gängigen Unterscheidungsmerkmale zwischen der Naturforschung der Antike bzw. der Klassik und der Naturwissenschaft der Moderne - Mathematisierung der Natur, experimentelle Methode bei zunehmender Komplexität der experimentellen Vorrichtungen (d. h. der Meßinstrumente und der experimentellen Apparaturen), Orientierung der Forschungsziele an praktischen Bedürfnissen bzw. an den Zielen der Industrie - gelten letztlich für die neuzeitliche Moderne ebenso wie für die Moderne des 20. Jahrhunderts³³.

Es gibt aber zumindest zwei Aspekte, in denen sich die Moderne des 20. Jahrhunderts von der neuzeitlichen Moderne unterscheidet. Dies ist zum einen, wie man es vielleicht bezeichnen könnte, das Problem der Nicht-Reduzierbarkeit: Wenngleich die Naturwissenschaft des 20. Jahrhunderts durchaus als mehr oder weniger kontinuierliche Fortsetzung der

32. Anonymus, Thesen zur literarischen Moderne (1887); hier zit. nach Wunberg (Hrsg.) (1971), S. 1.

33. Dies gilt auch für M. Ottes Vorschlag, die "Moderne der Wissenschaften" mit deren "Hinwendung zur Erkenntnistheorie" beginnen zu lassen, d. h. mit dem Punkt, an dem an die Stelle der Frage nach dem Wesen der Welt oder des Wissens die Probleme der Gewinnung und Objektivierung des Wissens treten. Die Moderne manifestiere sich so in der Unterscheidung der theoretischen und philosophischen Ebene von der praktischen und historischen sowie vor allem in einer neuen Betrachtung der Wissenschaften unter einer "funktionalen oder Anwendungsperspektive". Vgl. Otte (1994), S. 420. Diese Ablösung des "philosophischen Substantialismus durch einen eher 'positiven Geist'" läßt sich aber eigentlich bereits für die frühe Neuzeit nachweisen, nämlich in der Ablösung der Frage nach der Substanz bzw. dem Wesen der Dinge durch eine neue Gewichtung der Akzidenzien. Vgl. hierzu etwa B. Fritscher (1994b).

Naturforschung der Klassik bzw. der neuzeitlichen Moderne interpretiert werden kann, so ist sie doch nicht mehr ohne weiteres auf diese reduzierbar³⁴. Das Beispiel, welches hierfür in der Regel genannt wird, ist der **Michelsonsche Versuch** bzw. dessen Ergebnis, daß nämlich die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes unabhängig ist vom Bewegungszustand der Lichtquelle³⁵. Dieses Ergebnis kann durchaus mit der klassischen Physik, zumindest teilweise, wieder in Einklang gebracht werden (**Lorentz-Transformation**), oder anders gesagt: es können Bedingungen formuliert werden, unter denen die klassische Konzeption weiterhin gilt. Aber unabhängig davon, wie weit eine solche 'Wiederherstellung der Kontinuität' im Nachhinein möglich ist bzw. die klassische Physik neben der der Moderne (zumindest in gewissen Grenzen) weiterbestehen kann, so lag hier ein Ergebnis vor, daß in der klassischen Physik nicht vorgesehen war, nicht einmal als Denkmöglichkeit³⁶. Und in diesem Sinne gehören dann auch, um zwei Beispiele aus den Geowissenschaften zu geben, die *Krystallochemie* **V. M. Goldschmidts** oder auch die Kontinentaldrifthypothese **A. Wegeners** der Moderne an: Unabhängig davon, wie weit sie mit den entsprechenden klassischen Konzeptionen in Einklang gebracht werden können, so waren sie dort eben nicht vorgesehen.

Einen zweiten Aspekt, die Naturwissenschaft der neuzeitlichen Moderne von der des 20. Jahrhunderts abzugrenzen, bietet der von **G. Bachelard** thematisierte Gedanke des Maßes. 'Modernisierung' bedeutet ja für diesen vor allem eine Trennung der wissenschaftlichen Theorien vom Alltagsdenken, was allerdings

34. Insbesondere diese Nicht-Reduzierbarkeit der Naturwissenschaft der Moderne auf die der Klassik ist es, die J.-F. Lyotard naturwissenschaftliche 'Moderne/Modernität' als 'Grundlagenkrise' der Naturwissenschaften bestimmen ließ. Bedingt durch die Entwicklung einer nicht-newtonschen Physik oder einer nicht-euklidischen Geometrie habe der Begriff eindeutig die Vorherrschaft vor der Anschauung gewonnen, oder anders ausgedrückt: sei die 'Rückbindung' der Naturwissenschaften an ihren eigentlichen Gegenstand, die Natur, mehr und mehr aufgegeben worden. Vgl. Lyotard (1986b), hier vor allem S. 1-8. Vgl. auch Reese-Schäfer (1989), S. 86.

35. Vgl. hierzu vor allem Meurers (1976), S. 43 & 47-54.

36. Weitere Beispiele für solche 'Brüche' bietet dann natürlich vor allem die Mathematik des 19. Jahrhunderts, d. h. diese erfährt wie kaum eine andere Wissenschaft die Auflösung gerade derjenigen ihrer Grundlagen, welche scheinbar selbstevident waren; an deren Stelle traten neue logische Grundlagen, welche in der klassischen Mathematik nicht 'gedacht' werden konnten. Vgl. etwa Desanti (1975), hier S. 177-182.

auch für die neuzeitliche Moderne gilt³⁷. Im Gedanken des Maßes läßt sich dies auf die Moderne des 20. Jahrhunderts spezifizieren. Die Naturwissenschaft **Lavoisiers** etwa stehe noch "in kontinuierlicher Verknüpfung mit den unmittelbaren Aspekten der alltäglichen Erfahrung": Die Meßverfahren waren letztlich keine anderen, als die, die auch im täglichen Leben Anwendung fanden. Ganz anders sei dies aber, wenn es etwa um elektrische Phänome gehe. Um diese instrumentell zu beherrschen, seien Apparaturen erforderlich, die zum täglichen Leben keine direkte Beziehung mehr haben. Das Massenspektroskop sei nicht mehr bloß ein besseres oder genaueres Instrument als etwa die Apothekerwaage gewesen. Vielmehr gehe es hier "um nichts weniger als den Vorrang der Reflexion vor der Wahrnehmung, um nichts weniger als die noumenale Bereitung von technisch konstituierten Phänomenen"³⁸. Vereinfacht ausgedrückt beginnt die Moderne des 20. Jahrhunderts nach **Bachelard** dort, wo man begann, nun gerade auch die - ehemaligen - *Imponderabilien* (Elektrizität, Magnetismus usw.) zu 'wiegen' bzw. zu messen.

Dieser neue "Maß-Stab" der Moderne ist in gewissem Sinne widersprüchlich, ja paradox. Auf der einen Seite ist er ein 'inhumaner Maß-Stab', insofern als er den Bereich der 'gewöhnlichen menschlichen Wahrnehmung' verläßt. Auf der anderen Seite ist aber gerade er der eigentlich 'humane Maßstab': er ist 'konstruiert' und ermöglicht allererst eine (künstliche) 'Neugestaltung der Natur' nach 'vom Menschen geschaffenen Maß-Stäben'. Der Gedanke des Maßes führt so indirekt auch auf das Bild, welches nun vor allem die Philosophie und die Soziologie von der Moderne entwerfen. Dieses Bild ist vor allem durch Begriffe wie 'Widersprüchlichkeit' und 'Paradoxie' gekennzeichnet, und es ist - verglichen mit dem der Naturwissenschaften bzw. der Wissenschaftstheorie (und auch dem der Literaturwissenschaft, welche in der naturalistischen Literatur doch zumindest über einen relativ konkreten Inhalt von Moderne verfügt) - ein deutlich vielschichtigeres, aber eben auch widersprüchlicheres. Auf der einen Seite steht eine

37. Vgl. hierzu auch B. Fritscher (1990).

38. Bachelard (1974), S. 19f. Vgl. auch Otte (1994), S. 422. Zum Gedanken der Veränderung des Maßes bzw. des Maß-Stabes in Richtung auf nicht mehr unmittelbar einsichtige bzw. 'außerhumane' Bereiche vgl. auch noch einmal Meurers (1976), S. 47-54.

eindimensionale Moderne, gekennzeichnet durch Begriffe wie Differenzierung, Rationalisierung, Säkularisierung, Bürokratisierung und das Schlagwort von der 'Entzauberung der Welt'³⁹. Auf der anderen Seite scheint es - folgt man der philosophisch-soziologischen Moderne-Diskussion (und mehr noch: der Postmoderne-Diskussion) - kaum ein Phänomen zu geben, welches der Moderne bzw. der Postmoderne nicht zugeordnet werden kann.

Im soziologischen Verständnis ist dies allerdings in erster Linie eine Folge der 'Sache selbst', d. h. nicht die Beschreibung der Moderne ist 'widersprüchlich' oder 'paradox', sondern vielmehr diese selbst. Die Moderne ist 'paradox', weil deren kennzeichnende Entwicklungsprozesse in sich selbst widersprüchlich sind, d. h. jeweils in eigenartiger Weise mit einem gegenläufigen Prozeß verbunden sind. Ein Beispiel hierfür wäre der Prozeß der *Domestizierung*, d. h. der zunehmenden Beherrschung bzw. Beherrschbarkeit der Natur und der äußeren Umwelt durch den Menschen. Sie gab ihm eine neue Unabhängigkeit, ließ aber auf der anderen Seite eine neue Abhängigkeit des Menschen von den von ihm selbst geschaffenen technischen Hilfsmitteln, von anderen Menschen und letztlich von sich selbst entstehen. Analog bedingen andere Modernisierungsprozesse - die **Differenzierung** (verstanden als die zunehmende Aufspaltung der Gesellschaft in einzelne Teilbereiche mit jeweils spezifischen Strukturen), die *Rationalisierung* (die 'Herrschaft der Vernunft') und die *Individualisierung* (der Mensch als selbstbewußt handelndes Individuum, der sich als 'Meister seines Schicksals' empfindet) - jeweils gegenläufige Prozesse. Und in diesem Sinne lassen sich vier Paradoxe der Modernisierung bestimmen: das

39. Dies ist das Habermassche "Projekt der Moderne". In Fortsetzung der von M. Weber eröffneten Tradition charakterisiert Habermas Moderne vor allem durch Verluste verschiedenster Art wie etwa den Verlust von 'Bedeutung', Verlust von (persönlicher) Freiheit und Individualismus - Entfremdung heißt es bei K. Marx - oder ganz allgemein durch Verlust lebensweltlicher Qualitäten und kultureller Traditionen. Und dieser Verlust werde ersetzt durch eine Zunahme von abstrakten, formalen und technischen Systemen, durch eine Zunahme gesetzlicher Regelungen, abstrakter Werte, wissenschaftlicher Handlungsweisen usw. Vgl. Habermas (1981). Vgl. hierzu auch Habermas (1985). Vgl. ferner Ash (1996), S. 71; Hübinger (1989), S. 197; Seligman (1990), S. 117-23. Einige einführende Werke zur heutigen soziologischen und philosophischen Moderne-Diskussion waren auch schon in Anm. 7 genannt worden. Vgl. hierzu dann auch Wagner (1995); Weiland (Hrsg.) (1995).

Differenzierungsparadox, das Rationalisierungsparadox, das Individualisierungsparadox und das Domestizierungsparadox⁴⁰.

Der gewissermaßen übergeordnete Gegensatz, der in dieser 'inneren Widersprüchlichkeit' der Moderne zum Ausdruck kommt, ist der von *Moderne* und *Gegenmoderne*. Das wesentliche Moment dieser Unterscheidung ist, daß sie gerade nicht einen Gegensatz zwischen einer 'neuen' und einer 'alten' Auffassung, sondern vielmehr zwei Seiten einer Sache bezeichnet. Die 'Gegenmoderne' ist der 'Moderne' von Beginn an inhärent, d. h. es gehört gewissermaßen zur Bestimmung von Moderne selbst, daß sie von Beginn an von einer - aus den gleichen historischen Wurzeln entstandenen - Gegenströmung begleitet war. Beide zusammen - Moderne und Gegenmoderne - machen dann erst die eigentliche Dynamik der Neuzeit aus⁴¹. Einen konkreten Versuch, auch die Entwicklung der Naturwissenschaften mit Bezug auf diesen Gegensatz von Moderne und Gegenmoderne zu bestimmen, hat 1990 **H. Mehrtens** in einer Studie über die Grundlagenkrise der modernen Mathematik - d. h. die Auseinandersetzung zwischen den sogenannten *Formalisten*

40. Vgl. van der Loo/van Reijen (1992), S. 34-40. Vgl. hierzu dann auch Münch (1986) II, S. 501-6; Seligman (1990), S. 123-7. Die gewissermaßen postmoderne ('positive') Wendung dieser inneren Widersprüchlichkeit der Moderne ist die 'Pluralität' als Hauptmerkmal der Moderne des 20. Jahrhunderts bzw. der Postmoderne, womit diese sich dann vor allem auch von der neuzeitlichen Moderne abhebt. War es in dieser "nicht möglich, daß Wahrheit anders als mit Ausschließlichkeitsanspruch auftritt", so ist es für die "szientifischen Basisinnovationen des 20. Jahrhunderts . . . allesamt charakteristisch, daß Totalitätsintentionen (des Wissens; B. F.) gebrochen werden, daß die Divergenz von Fragerichtungen unüberschreitbar, daß Pluralität obligat wird". Die 'Pluralität' manifestiert sich in einem Nebeneinanderbestehen bzw. einem 'gleichzeitigen Praktizieren' verschiedenster, nicht nur scheinbar divergenter Sprachen, Modelle und Verfahrensweisen, und zwar nicht nur in verschiedenen Werken nebeneinander, sondern in ein und demselben Werk. Vgl. Welsch (1993), S. 16f. & 76f. Vgl. hierzu auch Münch (1986) II, S. 847-59.

41. Vgl. Welsch (1993), S. 73-7. Zur weiteren inhaltlichen Bestimmung dieser beiden Begriffe sei angemerkt, daß diese gewissermaßen die auf die Moderne des 20. Jahrhunderts spezifizierte Form der in der kulturwissenschaftlichen Diskussion geläufigen Unterscheidung von 'Aufklärung' und 'Gegenaufklärung' darstellen. Vgl. hierzu etwa Schmidt (1989), S. 1-10 & 14-23. In diesen Zusammenhang gehören dann natürlich auch eine Reihe weiterer Standardkategorien der kulturwissenschaftlichen Beschreibung der Wissenschaften um 1900, wie etwa 'Fortschrittsoptimismus', 'Glaube an die Wissenschaft' oder auch 'Krisenbewußtsein', die hier aber nicht weiter erläutert zu werden brauchen. Vgl. hierzu etwa Daston (1996). Vgl. auch die einzelnen Beiträge in vom Bruch/Graf/Hübinger (Hrsg.) (1989).

und den *Intuitionisten*, wie sie vor allem mit den Namen von **David Hilbert** (1862-1943) bzw. **Jan Brouwer** (1881-1966) und **Hermann Weyl** (1885-1955) verbunden ist - unternommen⁴². Nach **Mehrtens** bestimmt sich der Gegensatz dieser beiden Schulen wesentlich am Verhältnis des 'Produzenten des Denkens' zu seinem 'Produkt', d. h. des Mathematikers zu den von ihm 'produzierten' Texten. Beide, Moderne und Gegenmoderne, seien sich darin einig, daß sie "Produzenten" ihrer Texte seien, d. h. daß sie deren Sprache erarbeiteten und diese "nicht über ein gegebenes etwas" spreche. Während allerdings die eigentliche Moderne diese neue Mathematik als eine 'freie' und 'schöpferische' begriffen habe, habe die Gegenmoderne diese 'neue Freiheit' nicht voll akzeptieren können. Sie suchte nach einem "'Ur-Grund', in dem die Mathematik 'wurzelt' und aus dem sie ihre Wahrheit und ihre Ordnung bezieht", sie versuchte einen "Grund und Anfang in 'Anschauung' und 'Intuition' zu konstruieren": Der Mathematiker der Gegenmoderne "ist ein 'Meister' seines Fachs, weil von 'Natur' aus mit dem Gesetz begabt, der sein Fach bestimmt. Der Meister der Moderne dagegen bestimmt sich als 'freier Mathematiker', als 'Schöpfer', und die Gegenmoderne wirft ihm 'Schöpferwillkür' vor"⁴³.

In den Geowissenschaften ließe sich vor allem die Diskussion um die Rolle der physikalischen Chemie in analoger Weise verstehen. 'Moderne' und 'Gegenmoderne' gemeinsam war dort die Überzeugung, daß eine Mineralogie und Petrographie 'außerhalb' der physikalischen Chemie in der Zukunft nicht mehr möglich sein würde. Begriff allerdings die Moderne diese neue Grundlage zugleich als eine 'schöpferische Freiheit', in der die Frage nach einer außerhalb ihrer selbst liegenden 'Begründung' für die

42. Vgl. Mehrtens (1990), hier vor allem S. 7-23. Dabei sollte gesehen werden, daß bei Mehrtens diese Analyse vor allem auch mit Rücksicht auf die politischen und sozialen Implikationen dieses Gegensatzes geschieht, d. h. im Hinblick auf die Rolle der Gegenmoderne bei der Entstehung einer (nationalsozialistischen) "Deutschen Mathematik".

43. Vgl. Mehrtens (1990), S. 9f. Dem analog ist der Versuch M. Ottes, die gewöhnliche Auffassung der Mathematik als Musterbeispiel des Formalen und Strukturellen - womit sie dann dem Historischen und Intuitiven als der anderen Seite der Kultur entgegengestellt wird - zu korrigieren. Die Geschichte der Mathematik zeige, daß die Trennung der 'zwei Kulturen' eben nicht die zwischen verschiedenen Disziplinen ist, sondern daß diese 'zwei Kulturen' letztlich auch in der Mathematik selbst anzutreffen sind. Vgl. Otte (1994), hier vor allem S. 79-105 und 252-274.

Anwendbarkeit der physikalischen Chemie auf die Geowissenschaften unerheblich war, fragte die Gegenmoderne eben gerade auch nach einem 'Ur-Grund', in dem diese neue Grundlage wurzelte bzw. aus dem sie ihre 'Wahrheit' und ihren 'Sinn' bezüglich der Geowissenschaften erhielt.

Waren nun die bisher genannten Bestimmungsmomente von Moderne vor allem in der Form dargestellt worden, die ihnen die gegenwärtigen Kulturwissenschaften gegeben haben, läßt sich die 'epistemologische Grundströmung' der Zeit von 1870 bis zum Beginn des ersten Weltkrieges, der *idealistische Positivismus* bzw. der damit verbundene *Pragmatismus*, auch an einem konkreten zeitgenössischen Werk festmachen⁴⁴. 1911 veröffentlichte der im weiteren Sinne dem Neu-Kantianismus zuzurechnende deutsche Philosoph **Hans Vaihinger** (1852-1933) ein Werk mit dem Titel *Die Philosophie des Als Ob. System der theoretischen, praktischen und religiösen Fiktionen der Menschheit auf Grund eines idealistischen Positivismus*. Im Anschluß vor allem an **I. Kant** und in Übereinstimmung mit **F. Nietzsche** und **A. Schopenhauer**, entwickelte **Vaihinger** darin eine eigenständige Form des Pragmatismus, die er als "idealistischen Positivismus" (oder "positivistischen Idealismus") bezeichnete, womit gesagt sein sollte, daß dabei (wie dies bei **Kant** vorgezeichnet sei) "die beiden Dinge, auf welche es überhaupt ankommt, gleichermaßen zur Geltung kommen: Tatsachen und Ideale"⁴⁵.

Die eigentliche Hauptthese der **Vaihingerschen** Philosophie ist, daß *Fiktionen* für die gesamte intellektuelle Sphäre des Menschen - d. h. für die Ästhetik und die Ethik ebenso wie für die Religion und nicht zuletzt die Wissenschaften - konstitutiv sind (weshalb sie auch als Philosophie des "Fiktionalismus" bekannt geworden ist). Konstitutiv sind die Fiktionen insofern, als sie in der intellektuellen Welt eine Funktion übernehmen können (oder auch müssen), welche von der 'Welt des Faktischen'

44. Zur Begründung dafür, daß hier der idealistische Positivismus als 'epistemologische Grundströmung' der Jahrhundertwende bezeichnet wird, siehe vor allem die einzelnen Beiträge in vom Bruch/Graf/Hübinger (Hrsg.) (1996). Vgl. auch Bachelard (1974), S. 116-147, hier vor allem S. 125-129. Vgl. ferner Fichant (1975), S. 128.

45. Vgl. Vaihinger (1911), S. XV (Herv. orig.); zu den Wurzeln seiner Philosophie vgl. dann vor allem S. 613-733 & 771-790. Zu Vaihinger und seinem Werk vgl. auch die einzelnen Beiträge in Seidel (Hrsg.) (1932).

nicht geleistet werden kann⁴⁶. **Vaihingers** Philosophie implizierte so einen neuen ('modernen') Wahrheitsbegriff. 'Wahr' ist, was uns Erfahrungen oder Ereignisse voraussagen, vorausberechnen läßt, was uns die Möglichkeit gibt, unser praktisches Verhalten richtig einzurichten. Wenn die Fiktionen dies leisten - und genau dies tun sie eben nach **Vaihinger** - dann sind sie für uns 'wahr'. Wahrheit bedeutet damit in erster Linie 'Nützlichkeit' für das praktische Leben, andere, 'objektive' Maßstäbe gibt es nicht.

Als solche Fiktionen bestimmte **Vaihinger** nun letztlich alle Grundlagen bzw. grundlegenden Ideen der 'modernen Welt'⁴⁷, vor allem eben auch die der modernen Naturwissenschaft, wie etwa die Annahme von Atomen und den Begriff der Kraft. Die Annahme von Atomen war - neben der eines "Unendlich-Kleinen" in der Mathematik - überhaupt einer der Ausgangspunkte der gesamten Philosophie des Als-Ob. Gerade die Atome zeigten, wie wir mit einem bewußt willkürlichen und falschen Begriff doch "glücklich und erfolgreich" operieren könnten⁴⁸. Entsprechendes gelte für die Kraft, "jenes berüchtigte und oft so verhängnisvolle Produkt der Phantasie", wobei **Vaihinger** vor allem die "Lebenskraft" im Auge hat, implizit aber auch die Kristallisationskraft und nicht zuletzt die Kräfte der chemischen Verwandtschaft⁴⁹. Eine weitere Fiktion im Bereich der Naturwissenschaften waren **Vaihinger** die künstlichen Klassifikationen, wofür er auch gerade die Systeme der Mineralogie als Beispiel nannte. Fiktiv seien diese insofern, als sie "mit dem Bewußtsein ihrer Künstlichkeit" aufgestellt

46. Vaihinger (1911), S. XV. Fiktionen - wörtlich "Erdichtungen" - sind Annahmen oder Voraussetzungen, deren Unwahrscheinlichkeit oder auch Unmöglichkeit durchaus bekannt ist, die aber trotzdem verwendet bzw. gesetzt werden, um mit ihrer Hilfe zu Erkenntnissen bzw. zu Möglichkeiten der Problemlösung zu gelangen, die allein aus dem 'Faktischen' nicht zu erzielen sind. Es sind "Kunstgriffe" bzw. "irreguläre Methoden des Denkens", welche sich in praktischer Hinsicht als zweckmäßig und vorteilhaft erwiesen haben. Vgl. Vaihinger (1911), S. 15-18. Der Begriff der Fiktion ist so strikt von dem der (Arbeits)Hypothese zu trennen. Während diese ein "adäquater Ausdruck der noch unbekannten Wirklichkeit sein" wolle, werde die Fiktion "mit dem Bewußtsein aufgestellt, dass sie eine inadäquate, subjektive, bildliche Vorstellungsweise ist, deren Zusammentreffen mit der Wirklichkeit von vornherein ausgeschlossen ist, und die daher auch nicht, wie man das bei der Hypothese hofft, hintennach verifiziert werden kann". Vgl. Vaihinger (1911), S. 606; vgl. auch S. 143-154.

47. Vgl. etwa Vaihinger (1911), S. 341-57.

48. Vgl. Vaihinger (1911), S. VII; vgl. auch S. 101-5 & 429-51.

49. Vaihinger (1911), S. 376; vgl. auch S. 377-9 & 417f.

wurden. In einem natürlichen System seien demgegenüber "die Wesen nach denselben Prinzipien geordnet ..., welche die Natur bei der Produktion derselben befolgt zu haben scheint"⁵⁰.

In **Vaihinger** Philosophie erschienen also gerade die beiden Lrs
Elemente als Fiktionen, die für die Geowissenschaft der Moderne konstitutiv wurden. So hat etwa **V. I. Vernadskij** (1863-1945) das Atom zur eigentlichen 'realen' Grundlage der modernen Geochemie erklärt⁵¹, und **C. R. Van Hise** (1857-1918), der eigentliche 'Propagandist' des Geophysikalischen Laboratoriums der Carnegie Institution in Washington, hat eine regelrechte 'Philosophie der Kräfte' für die Geologie entwickelt⁵². Dies ist dann auch der Hauptgrund, warum **Vaihingers** Philosophie hier gewissermaßen als ein Bezugspunkt gewählt wurde, auf welchen im Verlauf der Darstellung verschiedentlich zurückzukommen sein wird. g.

Ein zweiter Grund hierfür ist, daß **Vaihingers** Werk schon allein von seiner Entstehungsgeschichte her als Spiegelbild des philosophischen Denkens der Jahre von 1870 bis 1914 gelten kann. Obwohl erst 1911 publiziert, ist die *Philosophie des Als Ob* im wesentlichen schon in den Jahren von 1876 bis 1878 entwickelt worden⁵³, womit sie dann gewissermaßen in doppelter Hinsicht zeitlich mit wesentlichen Eckdaten der Herausbildung einer Moderne in den Geowissenschaften zusammenfällt: Sie entstand etwa gleichzeitig mit der Publikation der Phasenregel durch **J. W. Gibbs** (1875-1878), **J. H. van't Hoff's** (1852-1911) Arbeiten zur Stereochemie (1874 bzw. 1877) oder der Gründung der "Zeitschrift für Kristallographie" durch **Groth** (1877), und das Jahr ihrer Publikation ist das gleiche, in dem **V. M. Goldschmidt** seine Arbeit über die Kontaktmetamorphose im Christianiagebiet veröffentlichte (1911). Und daß **Vaihinger** mit seinem "idealistischen Positivismus" den 'Zeitgeist' der Moderne getroffen hat, läßt sich auch daran ablesen, daß er 1911 selbst feststellte, daß viele der Gedanken, welche er in den 70-er Jahren niederschrieben habe, inzwischen auch von anderen

50. Vgl. Vaihinger (1911), S. 25-27 & 328-337, hier S. 25 & 332. Genauer gesagt handelt es sich bei den künstlichen Systemen um "Halbfiktionen", wie Vaihinger diejenigen Annahmen nannte, welche zwar der Wirklichkeit widersprechen, dabei aber nicht auch (wie die eigentlichen Fiktionen) in sich selbst widersprüchlich sind. Vgl. Vaihinger (1911), S. 24.

51. Vgl. Vernadskij (1930), S. 4.

52. Vgl. etwa Van Hise (1904b), S. 589-93.

53. Vgl. Vaihinger (1911), S. Xf.

Philosophen (unabhängig von ihm) entwickelt worden seien, allen voran von **Nietzsche** und **Schopenhauer**, aber auch von dem amerikanischen Philosophen **Charles S. Peirce** (1839-1914), dem eigentlichen Vertreter des Pragmatismus. Und nicht zuletzt fand er seine Philosophie des "Als-Ob" bei einer Reihe von Naturwissenschaftlern wieder, wobei er vor allem auf den Physiker **H. Hertz** (1857-1894) und den Chemiker **O. Lehmann** (1855-1922) sowie auf den "diese beiden Gebiete vereinigenden" **W. Ostwald** (1853-1932) verwies⁵⁴.

Ein dritter Grund schließlich, **Vaihingers** "Fiktionalismus" als einen Bezugspunkt für die 'Epistemologie der Moderne' zu setzen, ist schließlich auch die Tatsache, daß dieser jüngst - allerdings ohne expliziten Bezug auf ihn - auch in einem sozusagen 'postmodernen Gewand' wieder aufgetaucht ist. So hat kürzlich **K. Knorr-Cetina** nachdrücklich auf die Rolle von Fiktionen als konstitutiver Elemente moderner Lebenswelten - konkret: moderner wissenschaftlicher Institutionen - verwiesen. Entgegen dem (**Habermasschen**) 'eindimensionalen Projekt der Moderne' seien die modernen Lebenswelten sehr viel mehr von 'Irrationalitäten' geprägt, d. h. durch Fiktionen konstituiert, als es dieses Modell vorsieht. Die lokale Natur des modernen Lebens stehe oft in scharfem Gegensatz zu totalisierenden Ideen über ökonomische Entwicklung, Vernunft und universelles Wissen, wie sie eben vor allem **Habermas** als Charakteristika von Moderne postulierte⁵⁵.

Knorr-Cetina entwickelte dies dann vor allem am Beispiel der 'modernsten', d. h. der (nach gängiger soziologischer Auffassung) am meisten rationalisierten und differenzierten Lebenswelten, nämlich der (natur)wissenschaftlichen Lebenswelten, wobei sie wiederum in erster Linie die hoch technisierten Zentren der physikalischen Forschung (speziell der Hochenergieforschung) im Blick hat. Dort seien vor allem zwei Arten von Fiktionen zu beobachten: zum einen sogenannte 'ursprüngliche oder natürliche Klassifikationen' ("primitive classifications") und zum anderen sogenannte soziale Simulationen ("social simulations"). Die ersteren stellten, vereinfacht ausgedrückt, Neuklassifikationen von technischen Kategorien oder Zusammenhängen mittels Metaphern oder Analogien dar, welche der Lebenswelt (also der natürlichen

54. Vgl. Vaihinger (1911), S. XII.

55. Vgl. Knorr-Cetina (1994), S. 2.

Umwelt oder der sozialen Ordnung) entnommen sind (etwa die Beschreibung eines Detektors in Kategorien von Lebewesen: lebend, tot, blind, älter werdend usw.)⁵⁶. Die sozialen Simulationen zielen demgegenüber auf die Konstitution moderner Institutionen bzw. auf deren - nach 'Außen' demonstrierte - formale Organisation. Dies kann etwa eine Art parlamentarischer Demokratie sein oder eine durch starke Führungspersönlichkeiten gekennzeichnete Organisationsform. Fiktionen seien diese Organisationsformen insofern, als die tatsächliche Hierarchie bzw. die Führung der Organisation oder die Zusammenarbeit innerhalb der Organisation oft - und zwar vollkommen bewußt - ganz anders 'funktioniert', als es die soziale Simulation vorsieht. Die Fiktionen haben dabei die Aufgabe, gewissermaßen den 'Stil' und die 'Qualität' der Organisation nach 'Außen' darzustellen, was etwa hinsichtlich potentieller Geldgeber oder eventueller Partner-Institutionen von Bedeutung ist, d. h. sie haben die Aufgabe, den Fortbestand der Institution zu sichern⁵⁷.

Knorr-Cetinas Begriff der Fiktionen wäre dann natürlich auch im Zusammenhang mit ihrem bereits genannten Begriff der "Fabrikation von Erkenntnis" zu sehen. Dieser umfaßt gleichermaßen die 'Konstruktion von Erkenntnis' als einem epistemologischen Kennzeichen moderner Wissenschaft sowie die 'industrielle Produktion von Erkenntnis' als einem soziologischen Kriterium, und die "Fabrikation von Erkenntnis" stellt so gewissermaßen den Standardbegriff der wissenschaftssoziologischen Moderne-Diskussion dar⁵⁸. In der vorliegenden Studie wird er allerdings, wie schon angedeutet, letztlich nur eine untergeordnete Rolle spielen. Zentral ist dieser Begriff tatsächlich für das **Goldschmidt**-Institut in Oslo, das Geophysikalische Laboratorium der Carnegie-Institution in Washington oder auch dessen 'deutsche Kopie', das *Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung*, wovon hier allerdings nur mehr das erstere zumindest kurz behandelt werden kann.

Es war nun also versucht worden, anhand einiger literaturwissenschaftlicher, philosophischer und soziologischer

56. Vgl. Knorr-Cetina (1994), S. 10f.

57. Vgl. Knorr-Cetina (1994), S. 14f.

58. Vgl. hierzu vor allem Knorr-Cetina (1980; 1984).

Bestimmungsmomente den Begriff von 'Moderne'⁵⁹ zu skizzieren, der den folgenden Studien zugrunde liegt. Es war auch zum Teil schon angedeutet worden, in welcher Form diese Bestimmungsmomente für die historische Analyse einzelner spezifischer Kulturen der Geowissenschaft der Moderne von Bedeutung sind. Abschließend sei deshalb noch einmal daran erinnert, daß dieser Begriff zunächst nur ein gewisses Vorverständnis von Moderne vermitteln und nicht etwa als Modell verstanden werden sollte, welches nun im Folgenden mit 'historischen Inhalten' zu füllen wäre. Er bildet zunächst nur ein eher untergeordnetes Hilfsmittel der historischen Untersuchung; eine gewisse konstitutive Bedeutung hat *hier* der Begriff aber doch für den Versuch einer historischen Anthropologie der Moderne am Ende der Schrift.

59. Der Begriff 'Moderne' war bisher meist apostrophiert worden, um ihn so als einen vorläufigen zu kennzeichnen. Im Folgenden soll diese Kennzeichnung entfallen. Zum begrifflichen Verständnis sei angemerkt, daß das Substantiv Moderne für die historische Epoche im Sinne der Kulturwissenschaften steht, während er in der adjektivischen Verwendung (z. B. moderne Geowissenschaft) im gewöhnlichen, eher unspezifizierten Sinne zu verstehen ist.

B. UM STOFF, FORM UND KRÄFTE. KULTUREN DER MINERALOGIE UND
CHEMISCHEN GEOLOGIE (1848-1926)

1. Mineralogie zwischen Reform und Restauration: Paul von Groth
und die Entwicklung einer Chemischen Kristallographie

"At qui Formas novit, is naturae
unitatem in materiis dissimillimis
complectitur"¹.

Am 5. 12. 1921 schrieb **W. C. Brögger** (1851-1940) an **Paul von Groth** und bedankte sich für dessen Glückwünsche zu seinem 70. Geburtstag. Gleichzeitig hielt er - anlässlich der Übernahme der Redaktion der **Grothschen Zeitschrift für Kristallographie** (ZfK) durch **P. Niggli** im Jahr zuvor - eine kurze Rückschau auf fast fünf Jahrzehnte Entwicklung der Mineralogie bzw. auf **Groths** Rolle hierbei:

"Gleichzeitig mit dem beigelegten Dankschreiben muss ich Ihnen auch persönlich herzlich danken für ihre letzten Briefe, sowie auch für die beiden vor einiger Zeit empfangenen neuen Publikationen: 'Mineralogische Tabellen' und 'Elemente der physikalischen & chemischen Krystallographie'. Namentlich diese letztere Leistung hat meine höchste Bewunderung erregt, und ich bin geradezu erstaunt über ihr jungendliches Vermögen zum Umarbeiten oder richtiger Umarbeiten der Darstellung der ganzen Wissenschaft, welcher Sie hauptsächlich selbst vor schon halbhundert Jahren die Grundlage geschaffen haben. Und nun ihre 'Mineralogischen Tabellen'! Es ist fast wehmütig an die Zeiten erinnert zu werden, als die erste Ausgabe ihrer "Tabellarischen Übersicht" in 1874 publiziert wurde, - damals mit etwa 1200 Namen im Register hinten im Buche, gegen mehr als 3000 in der letzten jetzt erschienenen Ausgabe. Trotzdem scheint die eigentliche Mineralogie als selbständige Wissenschaft mehr und mehr zu verschwinden; obwohl dies jetzt gewiss eine recht natürliche Entwicklung bezeichnet, ist es mir als Mineraloge der alten Schule doch ganz wehmütig auch diese Erfahrung zu erleben. Ich erinnere aus meiner Jugend, dass im Anfang der 70er Jahre Gerhardt[!] vom Rath in einem Brief an Professor Kjerulf in Kristiania darüber klagte, dass 'die Mineralogen sterben aus wie die Mopse!' Damals habe[n] Sie, verehrter Freund, namentlich durch ihre 'Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie' das Leben der Mineralogie gerettet und mit 45 Jahre verlängert. Jetzt zeigt aber die neue 'Zeitschrift für Kristallographie', dass das Ende gekommen ist! Auch in ihrem letzten Werk 'Elemente etc.' sind die Mineralien ja schon 'rari nantes in gurgite vasto', sie

1. "Wer die Formen kennt, der begreift die Einheit der Natur in den verschiedensten Materien [Dingen]". F. Bacon: Novum Organum (1620), lib. II, Aph. 3 (Works I, S. 229).

sind in dem Meere der künftigen [künstlichen] chemischen Verbindungen ertränkt"².

Damit hat **Brögger** - in kurzen, aber treffenden Worten - die Entwicklung umrissen, die uns im Folgenden beschäftigen wird. Die Chemische Kristallographie stand gewissermaßen an der Grenze zwischen der alten "naturhistorischen Mineralogie" und der neuen "modernen Mineralogie", und beide sind für diese konstitutiv. Die 'alte Mineralogie' fand in der Chemischen Kristallographie ebenso ihre Fortsetzung, wie die 'moderne Mineralogie' durch sie vorbereitet wurde. **Groths** Wirken erscheint so auch in einer gewissen Doppelgestaltigkeit. Auf der einen Seite war er der 'Restaurator' der alten "naturhistorischen Mineralogie", der Schüler von **F. A. Breithaupt** (1791-1873) in Freiberg und **G. Rose** (1798-1873) in Berlin, für welche die Mineralogie ein Teil der beschreibenden Geowissenschaften war, deren Aufgabe in einer möglichst vollständigen und genauen Erfassung und Beschreibung der natürlich vorkommenden Mineralien der Erde bestand. Auf der anderen Seite war er aber auch der 'Reformator', der die Mineralogie mehr und mehr aus dem Kontext dieser deskriptiven Geowissenschaften herauslöste und sie als Teil der Physik und der Chemie verstanden wissen wollte, wobei ihr Gegenstand - wie es **Brögger** ja angedeutet hat - immer weniger die natürlich vorkommenden Mineralien waren.

In dieser Doppelgestaltigkeit kann **Groths** Wirken zugleich als Spiegelbild seines politischen und kulturgeschichtlichen Kontextes gesehen werden. Das Zweite Deutsche Kaiserreich und speziell das *Wilhelminische Zeitalter* gilt als eine eigenartige Mischung von 'Tradition' und 'Moderne': preußischer Konservatismus auf der einen Seite, Fortschrittsglaube und Aufgeschlossenheit für Wissenschaft und Technik auf der anderen³. Diese Doppelgestaltigkeit kommt nicht zuletzt in der Entwicklung der Wissenschaften, insbesondere der wissenschaftlichen Institutionen im Zweiten Deutschen Kaiserreich zum Ausdruck. Von wissenschaftssoziologischer Seite wurde dem im Begriff der 'konservativen Modernisierung' Rechnung zu tragen versucht⁴.

2. Brögger an Groth, 5.12.1921 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 76). Die von Brögger genannten "Elemente etc." sind Groth (1921).

3. Vgl. hierzu etwa Rovan (1995), S. 491-521, hier vor allem S. 491f.

4. Das Deutsche Kaiserreich gilt geradezu als Musterbeispiel dieser "konservativen" oder "deutschen Modernisierung", welche - analog eben dem Wilhelminischen Deutschland - dadurch charakterisiert ist, daß neue Institutionen neben alte gesetzt werden, welche dabei unverändert erhalten bleiben. Der konservativen Modernisierung gegenüber stehen die "revolutionäre"

Die 'Kongruenz' zwischen gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Entwicklung in diesem Sinne bildet die implizite Leitlinie der folgenden Untersuchungen über **Paul von Groth** und die Entwicklung einer Chemischen Kristallographie. Konkret macht sie sich vor allem bei der Entwicklung der **Grothschen** Institute in Straßburg und München geltend (vgl. Kap. B. 1. 2.). Sie bietet aber auch Ansatzpunkte für die Analyse des **Grothschen** Forschungsprogramms einer chemischen Kristallographie selbst sowie dessen Weiterentwicklung bis zur *Krystallochemie* **V. M. Goldschmidts** (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.). Und nicht zuletzt kann auch das Konzept und die Geschichte der von **Groth** 1877 gegründeten *Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie* (vgl. Kap. B. 1. 3. 1.) vom Begriff der 'konservativen Modernisierung' her verstanden werden⁵.

Modernisierung (alte Institutionen werden durch neue ersetzt) und die "integrierende" (ältere Institutionen werden mit Blick auf die neuen modifiziert, ohne dabei allerdings aufgelöst zu werden). Vgl. hierzu vor allem Johnson (1990), S. 1-11. Vgl. auch Harwood (1994), S. 206-208. Einen guten Überblick über den gegenwärtigen Stand der soziologischen Theorie der (modernen) Institutionen gibt vor allem Giddens (1990).

5. Zur Erforschung der hier skizzierten Themenkomplexe sei generell angemerkt, daß sie bisher von Seiten der Wissenschaftshistoriker kaum Interesse gefunden haben. Abgesehen von Groths eigener "Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften" (1926) liegen bisher nur zwei Arbeiten vor, die sich umfassender mit seinem Leben und Werk befassen. Dies ist zum einen die Dissertation von O. Faltheiner über den Briefwechsel E. Fedorov/P. v. Groth und zum anderen die ältere Arbeit von H. Steinmetz/L. Weber über Groth als Begründer der ZfK. Vgl. Faltheiner (1973); Steinmetz/Weber (1938). Hinsichtlich der Vorgeschichte der Chemischen Kristallographie wären dann natürlich vor allem die einschlägigen Arbeiten H.-W. Schüttts zu nennen, vor allem Schütt (1984). (Groth selbst erscheint dort - bedingt durch deren Untersuchungszeitraum - allerdings lediglich als Verfasser der eben genannten Geschichte der Mineralogie.) Ähnlich ist die Situation hinsichtlich des Nachlasses bzw. des Briefwechsels Groths in der Bayerischen Staatsbibliothek. Neben dem Briefwechsel Fedorov/Groth (s. o.) waren bisher lediglich noch die Briefe von M. v. Laue (3 Briefe) und W. L. Bragg (2) (Faltheiner, 1979) sowie die der Chemiker Wilhelm Lossen, Albert Ladenburg (1842-1911) und Richard Willstätter (1872-1942) (4, 9 bzw. 15 Briefe) an Groth ausgewertet (Hoppe, 1979). Eine eingehende Beschreibung des Nachlasses Groths bzw. des Briefbestandes kann an dieser Stelle nicht gegeben werden. Sie findet sich in einer (voraussichtlich 1997 erscheinenden) Edition ausgewählter Briefe aus der Korrespondenz W. C. Brögger/V. M. Goldschmidt/P. von Groth/J. H. L. Vogt (vgl. Kap. 1. 3. 2. Anm. 40).

worden

Zur Geschichte der Briefsammlung sei zumindest angemerkt, daß sie schon zu Groths Lebzeiten bekannt war. In einer Notiz in der "München-Augsburger Abendzeitung" zu Groths 80. Geburtstag heißt es, mit Bezug auf seine historischen Studien, daß er "alle Briefe und Schriften seines inhaltsreichen Lebens sammelt", um so "an ihnen nicht nur das Sein, sondern auch das Werden" seiner

1.1. "Moderne Mineralogie": Wissenschaftsgeschichte eines mineralogischen Forschungsprogramms

Als 1941 **H. Strunz** seine *Mineralogischen Tabellen* veröffentlichte, in denen er seine noch heute geltende Mineralklassifikation nach chemisch-kristallographischen Kennzeichen entwickelte, hat er diese **Paul von Groth** und **Karl Mieleitner** (1890-1923) gewidmet, welche 1921 die letzte solche tabellarische Übersicht der Mineralien gegeben hatten⁶. Dies ist eine der wenigen deutlichen Spuren, die man in der jüngsten Vergangenheit der Mineralogie und Kristallographie von **Groth** und seiner Chemischen Kristallographie findet⁷. Ein zweites Denkmal hat ihm **M. von Laue** gesetzt, indem er verschiedentlich darauf verwies, daß es vor allem **Groth** gewesen sei, durch den er mit der Raumgittertheorie der Kristalle bekannt geworden sei, welche ihm dann ~~allererst~~ die Deutung seiner - zusammen mit **Paul Knipping** */Zua* (1883-1935) and **Walther Friedrich** (1883-1968) durchgeführten - Experimente zum Nachweis der Wellennatur der Röntgenstrahlen bzw.

Wissenschaft darzustellen. (BSB-Hs: Grothiana VI/122). Zunächst hat sich L. Darmstädter für die Sammlung interessiert. Darmstädter an Groth, 27.6.1918 (BSB-Hs: Grothiana X/Darmstädter 1). Groth hatte aber zu dieser Zeit das Hauptmaterial dem Archiv des Deutschen Museums versprochen. Darmstädter an Groth, 29.7.1918 (BSB-Hs: Grothiana X/Darmstädter 2). Heute befindet sich, wie gesagt, der gesamte Bestand in der Bayerischen Staatsbibliothek, abgesehen von einigen wenigen Briefen an Groth in Betreff der Münchner mineralogischen Sammlung, welche sich im Mineralogischen Institut der Universität München befinden.

6. Vgl. Strunz (1941), S. v; vgl. Groth/Mieleitner (1921). Die "Mineralogische Tabellen" von 1921 sind die stark überarbeitete fünfte Auflage der von Groth zuerst 1874 (4. Aufl. 1898) herausgegebenen "Tabellarischen Übersicht der einfachen Mineralien nach ihren kristallographisch-chemischen Beziehungen geordnet".

7. Dies gilt nicht für Groth als Historiker der Mineralogie. Seine "Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften" (1926; Neudruck: 1970) hat ihren Wert bis heute behalten. Vgl. in dieser Hinsicht etwa auch Burckhardt (1988); Schütt (1984).

deren Brechung an Kristallen im Jahr 1912 erlaubte⁸. Dies ist dann auch die Rolle, die **Groth** von der gängigen Wissenschaftsgeschichtsschreibung zugewiesen wird: Er erscheint gewissermaßen als der 'Sachwalter' des neuen Wissens über den Bau der Kristalle, das im 19. Jahrhundert (und dabei auch weniger von den Mineralogen, als vielmehr von Chemikern, Physikern und Mathematikern) erarbeitet und in den Arbeiten von **E. S. Fedorov** (1853-1919) und **L. Sohncke** (1842-1897) in den 70-er und 80-er Jahren zu einem gewissen Abschluß gebracht worden war, und welches dann von **Groth** nur mehr an das 20. Jahrhundert überliefert wurde⁹.

Die Geschichte der konkreten Inhalte der **Grothschen** Chemischen Kristallographie scheint so auch einer gewissen Tragikomik nicht zu entbehren. Zum einen war es **Groths** erklärtes Ziel, eine "moderne Mineralogie" zu schaffen (s. u.), wobei er diese Zielsetzung auch dahingehend verstand, die klassische beschreibende Mineralogie 'bruchlos' in die Moderne zu führen. Zum anderen scheint seine Chemische Kristallographie dann allerdings gerade in der modernen Mineralogie und Kristallographie - und Wissenschaftsgeschichtsschreibung - kaum Spuren hinterlassen zu haben¹⁰. Die Jahrzehnte, in denen **Groth**

8. "...; verdanke ich es doch, wenn auch nur mittelbar, Ihrem steten Bemühen um die Raumgittertheorie der Kristalle, daß ich im richtigen Moment etwas davon hörte". Laue an Groth, 17.9.1918 (BSB-Hs: Grothiana X/Laue 3). Vgl. auch Faltheiner (1979), S. 50, 52 & 55. Und in einer Würdigung anlässlich des 100. Geburtstags **Groths** schrieb Laue: "P. v. Groth hat sich (das große Verdienst) erworben, daß er die mehr als 100-jährige, anderswo in Deutschland kaum noch vorhandene Tradition der Raumgitterhypothese in München durch seine Lehrtätigkeit lebendig erhalten und so eine der Voraussetzungen geschaffen hat, ohne welche die Auffindung der Röntgenstrahlinterferenzen rein Glücksache, ihre Deutung ganz unmöglich gewesen wäre". Laue (1943), S. 81. Vgl. auch Laue (1959), S. 132. Vgl. ferner Burckhardt (1988), S. 99.

9. Vgl. etwa Eckert u. a. (1992), S. 48. Wenn **Groth** allerdings gerade bei den Physikern wenig Beachtung gefunden hat, so sollte dabei bedacht werden, daß es etwa seinem 'modernen alter ego' V. M. Goldschmidt in dieser Hinsicht nicht viel besser ergeht. Vgl. etwa die einzelnen Beiträge in Hoddeson/Braun/Teichmann/Weart (Hrsg.) (1992).

10. Für eine erste Orientierung zur Geschichte der eigentlichen Inhalte der **Grothschen** Chemischen Kristallographie ist man so im wesentlichen auch auf einige ältere Schriften angewiesen. Dies sind, neben **Groths** eigener Arbeit (Groth, 1926, hier S. 126-40), in erster Linie die seiner Schüler Fock (1888) und Arzruni (1893), wobei insbesondere letztere sich auch hinsichtlich der Weiterentwicklung der Chemischen Kristallographie bis zum Ende des 19. Jahrhunderts als wertvoll erwiesen hat. Dies gilt auch für die Arbeiten von A. E. Tutton; vgl. etwa Tutton (1911), hier vor allem S. 98-110; Tutton (1924; 1926), passim.

die Mineralogie (zumindest im Deutschen Reich) mehr oder weniger 'beherrschte' (also die Jahre von ca. 1870 bis zum Beginn des ersten Weltkrieges), gelten vielmehr als eine eher stagnierende Entwicklungsphase der Mineralogie. Richtig daran ist, daß die **Grothsche** Mineralogie keine 'revolutionäre' war: Sie steht vielmehr - wie **T. Kuhn** es nennen würde - für eine Phase der 'normalen Wissenschaft'. In diesem Sinne können die beiden folgenden Kapitel also zumindest implizit auch als ein Beitrag zum Verständnis der 'Struktur normaler Wissenschaft' verstanden werden.

1.1.1. Von der Isomorphie zur Morphotropie: Zur Entstehung und zum Programm der Chemischen Kristallographie

Das Programm seiner Chemischen Kristallographie hat **Paul von Groth** - wenngleich auch noch nicht unter diesem Namen - bereits zu Beginn seiner Hochschullaufbahn mehr oder weniger fertig entwickelt gehabt und dann auch in seiner weiteren Tätigkeit nie mehr grundlegend geändert. Unter dem Titel *Über den Zusammenhang zwischen der Krystallform und der chemischen Constitution* hat er es zum Gegenstand seiner Habilitationsrede an der Universität Berlin im Jahr 1870 gemacht, welche 1871 im *Neuen Jahrbuch ...* von **Leonhard** und **Bronn** auszugsweise veröffentlicht wurde.

Von seinen konkreten Inhalten her war das Programm eigentlich kaum 'revolutionär': Es war der Versuch, die neuen Erkenntnisse und Fragestellungen der (organischen) Chemie mit denen der geometrischen und physikalischen Kristallographie in der Mineralogie zu verbinden bzw. die ersteren auf die anorganischen Verbindungen zu übertragen, und dies in bewußter Fortsetzung der Arbeiten **Eilhard Mitscherlichs** (1794-1863) und seines Berliner Lehrers **G. Rose**. Die **Grothsche** Chemische Kristallographie ist so weniger als ein grundlegend neuer Ansatz der Mineralogie zu verstehen, sondern vielmehr als ein Versuch, der Mineralogie eine neue *disziplinäre Matrix* im Sinne **T. Kuhns**

zu geben¹¹, oder vielleicht besser gesagt: deren disziplinäre Matrix zu 'restaurieren'.

Eine erste solche disziplinäre Matrix der Mineralogie hatte **René Just Haüy** (1743-1822) in seinem (von **H.-W. Schütt** so genannten¹²) *Relationssatz* geschaffen. Diesem zufolge bedingen sich chemische Zusammensetzung und Kristallform notwendig, d. h. einer bestimmten chemischen Mischung kann nur eine bestimmte Kristallform zukommen (und umgekehrt), bzw. jede Änderung der chemischen Zusammensetzung muß zugleich eine Änderung der Kristallform mit sich bringen¹³.

Der Relationssatz hatte nun allerdings bekanntlich nur wenige Jahrzehnte Bestand. **E. Mitscherlich** konnte ab 1818 eine Reihe von Phänomenen nachweisen, die mit dem **Haüyschen** Postulat nicht zusammenstimmten (Isomorphie, Dimorphie)¹⁴. Für den vorliegenden Zusammenhang ist dabei vor allem nicht ganz unbedeutend, daß **Mitscherlich** seine Entdeckungen zu einem Zeitpunkt machte, als er offensichtlich mit der Chemie und insbesondere der Kristallographie sowie mit den entsprechenden Arbeiten seiner Vorgänger noch kaum oder gar nicht vertraut war. Dies hat später vor allem **G. Rose** betont, der **Mitscherlich** von Beginn an bei seinen kristallographischen Messungen unterstützt hat. Er, **Rose**, habe sich "schon etwas mit der Messung der Winkel der Krystalle beschäftigt" gehabt, und **C. S. Weiß** habe auch schon ein Reflexionsgoniometer besessen, welches er vor nicht allzulanger Zeit aus London erhalten ("... das erste Reflexionsgoniometer, was nach Berlin gekommen war") und ihm zur Benutzung überlassen hatte. So konnte er **Mitscherlich** in Kristallographie unterrichten, welcher ihn seinerseits die chemische Analyse der Mineralien lehrte. Was von ~~ander~~en in dieser Hinsicht geleistet worden sei, hätte sie noch im Sommer

La

11. Vgl. hierzu vor allem Kuhns "Postkriptum" von 1969 zur zweiten Auflage seiner Theorie der wissenschaftlichen Revolutionen, Kuhn (1976), S. 186-203.

12. Vgl. Schütt (1977); vgl. auch Schütt (1984), S. 59-67.

13. Seinen eigentliche Ausdruck findet der Relationssatz in Haüys Konzept der "molécules intégrantes". Dies sind nach Haüy die gewissermaßen kleinsten Bausteine der Kristalle, wobei jeder bestimmten chemischen Verbindung immer nur ein bestimmtes solches integrierendes Molekül zukommen kann. Vgl. Haüy (1801) I, S. xiv-xvi. Vgl. auch Schütt (1984), hier vor allem S. 49f.

14. Vgl. Mitscherlich (1818/19), hier S. 428f. Vgl. auch G. Rose (1864), hier insbesondere S. 21-4. Vgl. ferner Arzruni (1893), S. 82f.; Schütt (1984), S. 138-42.

g.

1819 "nicht gekümmert", und die Arbeiten etwa von **J. N. Fuchs**, **F. S. Beudant** hätten sie damals gar nicht gekannt, welche auch in den Vorlesungen von **Weiß** nicht erwähnt worden seien. **Mitscherlich** habe also seine Entdeckung gemacht, ohne sich mit Kristallographie beschäftigt und ohne von den Arbeiten seiner Vorgänger Kenntnis gehabt zu haben. Zwar seien ihm die Vorstellungen **Haüys** über den Zusammenhang zwischen Form und Mischung bzw. der Wert, den dieser auf die Kristallform als eigentliches spezifisches Kennzeichen der Mineralien legte, bekannt gewesen, aber weiter sei seine Kenntnis doch nicht gegangen¹⁵.

Es mag dahingestellt bleiben, ob **Mitscherlich** - wie **G. Rose** vermutete - dadurch nur "um so unbefangener und durch die vielen aufgestellten Theorien nicht zerstreut"¹⁶ war. Es ist auch nicht unbedingt die Frage, ob nicht der ganz andere Kontext, aus dem **Mitscherlich** ursprünglich kam - nämlich die Philologie -, seine Entdeckung in irgendeiner Form beeinflusst hat¹⁷. Die eigentlich interessante Frage - auch im Hinblick auf **Groth** - ist vielmehr die nach den impliziten Grundlagen des Relationssatzes, oder, wie es später **Groths** Schüler **A. Arzruní** rückschauend formuliert hat, warum eigentlich keiner von den vielen mit der Beziehung zwischen der Zusammensetzung und der Kristallgestalt sich befassenden Forschern noch einen "fast naturnothwendigen Schritt" weiter gegangen sei, sondern sie alle "befangen vor dem Thore stehen blieben", durch welches sie in ein "weites Gebiet erfolgreicher und ergiebiger Forschung" hätten gelangen können¹⁸. Gerade empirisch hätte sich doch eigentlich die Annahme, daß eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung nicht notwendig eine Veränderung der Kristallform zur Folge hat, sehr viel leichter belegen lassen als eben die umgekehrte Annahme¹⁹.

Einen möglichen Ansatzpunkt zur Beantwortung dieser Frage gibt **Haüys** Reaktion auf **Mitscherlichs** Entdeckung. Gegenüber **A. J.**

15. Vgl. G. Rose (1868), S. 623, 626 & 628.

16. Vgl. G. Rose (1868), S. 628.

17. Mitscherlich hat u. a. in Heidelberg und Göttingen orientalische Sprachen und Geschichte studiert, und 1814 auch mit einer Arbeit über ein persisches Geschichtswerk promoviert. Vgl. etwa Schütt (1984), S. 129.

18. Vgl. Arzruní (1893), S. 82f.

19. Oder, um es mit K. Popper zu formulieren: Als ein "Allsatz" ist der Relationssatz doch eigentlich sehr viel einfacher zu falsifizieren als zu verifizieren. Vgl. hierzu Schütt (1984), S. 150; vgl. auch Schütt (1977).

M. Brochant de Villiers (1772-1840) soll er, so berichtete zumindest **G. Rose**, gesagt haben:

"Si la théorie de M. Mitscherlich était juste, la minéralogie serait la plus pitoyable des sciences"²⁰.

Eine solche Reaktion läßt sich kaum allein daraus erklären, daß **Haüy** gewisse Einschränkungen im Geltungsbereich seines Relationssatzes hinnehmen mußte. Vielmehr ist hier zu sehen, daß **Haüy** mit seinem Postulat eines notwendigen Zusammenhanges zwischen chemischer Substanz und Kristallform die Mineralogie im Verständnis seiner Zeit aus dem Kontext der beschreibenden Naturgeschichte herausgelöst und sie zu einer nach Ursachen fragenden Naturwissenschaft gemacht hat. Und gleichzeitig befand er sich damit in Übereinstimmung mit dem metaphysischen - letztlich auf **Aristoteles** zurückgehenden - Postulat eines notwendigen Zusammenhanges von 'Stoff und Form', wobei die letztere die 'spezifische Natur' der Dinge bestimmte²¹ (vgl. Teil C.).

In **Haüys** Augen mußte deshalb die Mineralogie durch **Mitscherlichs** Entdeckung gleichsam wieder auf eine 'vorwissenschaftliche Stufe' zurückgestellt werden, und gleichzeitig wurde durch sie die Form als konstitutives Element der spezifischen Eigenart der Mineralien negiert. Letzteres wird insbesondere auch in einem Kommentar **F. S. Beudants** zu **Mitscherlichs** Ergebnissen deutlich. Trotz der Kritik einzelner Resultate, stimmte er prinzipiell mit **Mitscherlich** überein, und er kommt so zu dem Schluß, daß nicht die "forme cristalline" die "différence spécifique", d. h. die spezifische Natur der Mineralarten bestimmt, sondern eben die genaue chemische Analyse²². Oder, mit **Aristoteles** ausgedrückt: Das Artmerkmal ist für **Beudant** die chemische Zusammensetzung, und die Form - welche bei **Haüy** das Artmerkmal war - wird bei ihm zum Gattungsmerkmal.

Dies braucht jetzt nicht weiter ausgeführt werden²³. Hier sollte nur deutlich werden, daß die Diskussion um den

20. Zit. nach G. Rose (1864), S. 27.

21. Vgl. etwa Haüy (1801) I, S. xi-xiv, besonders auch S. xii Anm. 1.

22. Vgl. Beudant (1820), S. 333.

23. Zu den materialen Aspekten dieser frühen Diskussion um das Verhältnis von chemischer Zusammensetzung und Kristallform sei noch einmal verwiesen auf die einschlägigen Arbeiten von H.-W. Schütt, hier vor allem Schütt (1984), S. 138-212. Vgl. auch Groth (1926), S. 126-32. Speziell zur Entwicklung in Frankreich vgl. ferner Mauskopf (1976). Zu den hier angedeuteten naturphilosophischen Implikationen vgl. dann vor allem Teil C.

Relationssatz bzw. die Isomorphie zu einfach gesehen wird, wenn sie nur als empirische Falsifikation eines zum Teil metaphysischen Postulats verstanden wird. Das implizite Ziel der Diskussion war immer der Nachweis eines notwendigen Zusammenhangs zwischen Kristallform und chemischer Zusammensetzung bei den Mineralien geblieben. Allerdings hatte man einsehen müssen, daß der erste Versuch, einen solchen konkret nachzuweisen, gescheitert war. Die Mineralogen mußten sich vorläufig gewissermaßen wieder auf eine '(natur)historische Betrachtungsebene' zurückziehen. Und in diesem Sinne könnte dann **Groths Morphotropie** auch als Versuch verstanden werden, den **Daüyschen Relationssatz** auf einer neuen Grundlage - zumindest in bestimmten Grenzen - zu 'restaurieren'.

Die frühe Diskussion um das Verhältnis von chemischer Zusammensetzung und Kristallform hatte mit den Arbeiten **L. Pasteurs** einen vorläufigen Abschluß und zugleich eine neue Grundlage erreicht. **Pasteur**, der sich in den Jahren 1847-57 auch mit kristallographischen Fragen beschäftigt hatte, entdeckte 1848 im Zusammenhang mit optischen Untersuchungen zur Wein- bzw. Traubensäure an einem Salz der letzteren die sogenannte **Enantiomorphie** von Kristallformen (d. h. deren nur spiegelbildliche Übereinstimmung)²⁴. Das daraufhin formulierte Gesetz, demzufolge racemische Verbindungen stets einer sogenannten enantiomorphen Kristallklasse angehörten bzw. sich deren optische Antipoden durch die Enantiomorphie ihrer Kristalle unterschieden, ist als **Pasteursches Gesetz** bekannt geworden. Einen Wendepunkt in der Frage nach dem Zusammenhang von Kristallform und chemischer Zusammensetzung stellten diese Arbeiten von **Pasteur** nun insofern dar, als sie den Weg zur Struktur- bzw. Stereochemie eröffneten. **Pasteur** selbst hat 1860 in einem asymmetrischen Bau der Moleküle die Erklärung für das Phänomen der Enantiomorphie genannt²⁵, und hier sollten 1874 **J. H. van't Hoff** und **J. A. Le Bel** (1847-1930) in ihrer Auffassung vom räumlichen Bau des Kohlenstoffmoleküls²⁶ sowie nicht zuletzt

24. Vgl. Pasteur (1848); vgl. auch Pasteur (1860), hier vor allem S. 14-7. Vgl. ferner Groth (1926), S. 134; Schütt (1984), S. 207-12; Tutton (1924), S. 163; Mauskopf (1976), S. 68-80; V. M. Goldschmidt (1927), S. 1263.

25. Vgl. Pasteur (1860), hier S. 16f.

26. Zur Geschichte der Stereochemie sei hier nur verwiesen auf die Zeitschrift "Chemie in unserer Zeit", Bd. 8 (1974), Heft 5, welches allein diesem Thema gewidmet ist (mit Beiträgen von K. Hermann, O. Krätz, J. Weyer, E. L. Eliel).

einige Jahre früher **Groth** mit seinem Konzept der Morphotropie anknüpfen.

Ein zweiter Ausgangspunkt für die **Grothsche** Morphotropie war, daß die zahlreichen Arbeiten über isomorphe und polymorphe Substanzen, die im Anschluß an **Mitscherlich** bis um die Mitte des 19. Jahrhunderts entstanden²⁷, vor allem auch deutlich gemacht *Jurav* hatten, daß eine gewissermaßen 'vollkommene Isomorphie' (ebenso *J.* wie eine 'vollkommene Polymorphie') letztlich nicht nachweisbar war. Trotz der sehr nahen Übereinstimmungen zeigten isomorphe bzw. polymorphe Körper in den konkreten Messungen der Kantenwinkel doch immer auch geringe Unterschiede. Wie groß diese Unterschiede sein durften, um noch von Isomorphie bzw. im anderen Fall schon von Polymorphie sprechen zu können, war dabei keineswegs eindeutig; auch war ihre Abgrenzung gegenüber den analogen Begriffen der Isomerie und der Polymerie nicht klar bestimmt. Dies machte sich dann u. a. darin geltend, daß die Begriffe Isomorphie und Polymorphie bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts eine gewisse 'inflationäre Verwendung' erfahren haben.

1850 hat **C. Rammelsberg** (1813-1899) den Forschungsstand *V F.* zusammengefaßt und dabei nachdrücklich festgestellt, daß die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Kristallform der Mineralien nach wie vor ein ungelöstes Problem war:

"Es ist eine ausgemachte Thatsache, daß ungeachtet der werthvollsten Arbeiten in der Mineralogie und Chemie das Band noch fehlt, welches Form und Zusammensetzung mit einander verknüpft. Die Erfahrungen haben immer mehr gezeigt, daß das innere Wesen der Isomorphie nicht nothwendig und nicht in allen Fällen auf einer analogen Gruppierung der Elemente beruhen kann, neue Vorstellungen - wie die Atomvolumen und die Heteromerie - sind deshalb zur Hülfe genommen worden, ohne indessen bis zu diesem Augenblick eine allgemeine Ueberzeugung hervorzurufen"²⁸.

27. Groth nennt in dieser Hinsicht - neben Arbeiten von F. Wöhler und R. Bunsen - vor allem die Untersuchungen von H. de Sénarmont (1808-1862), Ch. de Marignac (1817-1894), A. Des Cloizeaux (1817-1897) und G. Wyruboff (1843-1913), ferner *die* Untersuchung von G. Grailich und V. von Lang in Wien, von H. Topsoe in Kopenhagen und die Arbeiten der italienischen Mineralogen A. Scacchi und Q. Sella. Vgl. Groth (1926), S. 130f. Einige dieser Arbeiten werden im Folgenden noch angesprochen werden. Im wesentlichen soll deren Darstellung allerdings einer späteren Studie vorbehalten bleiben, da sich (mit Ausnahme von Sénarmont und Grailich) von allen hier genannten Autoren zum Teil umfangreiche Korrespondenzen im Nachlaß Groths befinden, die bisher noch nicht vollständig ausgewertet werden konnten.

28. Rammelsberg (1850), S. 449.

Rammelsberg selbst hat 1855 in seinem *Handbuch der krystallographischen Chemie* einen Versuch der Klassifikation der Mineralien nach chemischen und kristallographischen Merkmalen unternommen, welcher als ein früher Vorläufer der **Grothschen** CK gelten kann (vgl. hierzu auch Kap. B. 1. 1. 2.). Bereits sechs Jahre früher hatte allerdings auch der Chemiker **Hermann Kopp** (1817-1892) mit seiner *Einleitung in die Krystallographie ...* (1849) einen ähnlichen Versuch unternommen. Er bestimmte dort eine "Krystallochemie" als eine - neben der Kristallographie und der Kristalloptik - eigenständige Teildisziplin der "Krystallogie", der "Lehre von den Eigenschaften der Krystalle im Allgemeinen", und zwar als die "Lehre von dem Zusammenhange zwischen den krystallographischen und den chemischen Eigenschaften der Krystalle"²⁹. Damit hat er das spätere **Grothsche** Forschungsprogramm bereits in Ansätzen umrissen, und gerade **Kopps** Arbeiten sollten sich auch für **Groth** - und überhaupt die chemische Kristallographie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts - in verschiedener Hinsicht als grundlegend erweisen (s. u.).

Maßgeblich für **Groth** - und überhaupt für die späteren Mineralsysteme - war dann natürlich weiter das 1852 von seinem Lehrer **G. Rose** entworfene "krystallo-chemische Mineralsystem". Im Gegensatz zu dem bis dahin gültigen rein chemischen Mineralsystem, welches von **J. J. Berzelius** (1779-1848) bis 1818 entwickelt worden war³⁰, hat **Rose** erstmals konsequent auch die kristallographischen Kennzeichen der Mineralien berücksichtigt.

29. Vgl. **Kopp** (1849), S. 3. Diese "chemischen Eigenschaften" selbst werden weiter definiert als diejenigen, "die ein Körper in Beziehung zu anderen Materien unter Vernichtung seiner Eigenthümlichkeit zeigt", d. h. daß etwa ein Stück Kalkspat aus Kalk und Kohlensäure bestehe, lasse sich nur erkennen, indem das untersuchte Stück aufhört, Kalkspat zu sein. Die "Krystallochemie" untersuche also "allgemein den Zusammenhang zwischen Gestalt und Mischung; sie lehrt, daß derselben chemischen Zusammensetzung mehrere wesentlich verschiedene Krystallformen zukommen können (Dimorphismus und Trimorphismus); daß Körper von verschiedener, aber analoger, Zusammensetzung übereinstimmende Krystallgestalt besitzen können (Isomorphismus), und Aehnliches". Ebd.

30. Allerdings war ja gerade Berzelius mit den Arbeiten Mitscherlichs bestens vertraut. Und so hat er sich auch schon wenige Jahre nach der Entdeckung des Isomorphismus mit einigen Folgen auseinandergesetzt, die sich aus dieser für sein Mineralsystem ergaben. Zu Berzelius' Mineralsystem bzw. seinem Verhältnis zu Mitscherlich vgl. dann wieder vor allem **Schütt** (1984), S. 114-7 & 169-76.

Er konnte damit vor allem der Tatsache Rechnung tragen, daß viele Mineralien isomorphe Mischungen sind (welche er dementsprechend zu isomorphen Reihen zusammenfaßte), und er hat zuerst jene Verwandtschaftsverhältnisse der Mineralien (insbesondere auch der Silikate) dargelegt, wie sie im wesentlichen bis heute gültig geblieben sind³¹.

Mit **Berzelius'** chemischem System, so **G. Rose**, seien die Mineralien erstmals nach einem "wissenschaftlichen Princip" - und eben nicht, wie in den naturhistorischen Systemen, bloß "nach dem Princip der äussern Aehnlichkeit" - geordnet worden. Trotzdem habe dieses System bisher nicht den Anklang gefunden, den man deshalb eigentlich hätte erwarten können. Die Ursache hierfür sah **Rose** wesentlich darin, daß **Berzelius** eben allein die chemischen Kennzeichen verwendet habe, womit in seinem System vor allem hinsichtlich der Kristallformen Unstimmigkeiten aufgetreten seien. Dies habe etwa auch **N. G. Nordenskiöld** (1792-1866) gesehen, der **Berzelius'** System ab 1827 weiterentwickelte, das Problem aber letztlich auch nicht lösen können. **Roses** Ziel war es so, das "rein chemische System" der Mineralien "mit der Krystallform in einen vollständigeren Einklang zu bringen", was seiner Ansicht nach möglich sei, ohne die Grundsätze von **Berzelius** wesentlich zu verändern³². */war*

Die Schwächen des **Berzelius'schen** System, welches bekanntlich das "elektro-chemische Verhalten" der einfachen Körper zur Grundlage habe, seien eindeutig: Die verschiedenen Verbindungen isomorpher Körper (etwa der Granate, Hornblenden oder der Augite) kämen dort zum Teil an sehr verschiedenen Stellen des Systems zu stehen, während auf der anderen Seite die "heteromorphen Körper" (wie etwa Kalkspat und Aragonit) nur als "verschiedene Formen *V/wurde* einer und derselben Species" aufgefaßt */seien*³³. **Nordenskiöld**, der **Berzelius'** System insofern erweitert hat, als er zusätzlich die Zahl der Atome berücksichtigte (weshalb er sein System auch das "atomistisch-chemische" genannt hat), habe jene Schwierigkeiten nur unzureichend lösen können: Auch bei ihm erscheine nach wie vor zusammengestellt, was durch die Kristallform getrennt sei³⁴.

31. Vgl. etwa Groth (1926). S. 154f. Vgl. auch Rammelsberg (1855), S. x.

32. Vgl. Rose (1852), S. 1f. N. Nordenskiöld (auch: Nordenskjöld) hatte seit 1827 drei Auflagen seines Systems herausgegeben. Rose bezog sich hauptsächlich auf die dritte (deutschsprachige) Auflage von 1849.

33. Vgl. Rose (1852), S. 3f.

34. Vgl. Rose (1852), S. 6.

Diese Schwierigkeiten also versuchte **Rose** nun mit seinem "krystallo-chemischen System" zu beheben, indem er "nach der Krystallform das Genus und nach der chemischen Zusammensetzung die Species" bestimmte (ein Prinzip, welches er letztlich bereits 1830 in seinen *Elementen der Krystallographie* angewandt habe)³⁵. Im Hinblick auf **Groth** ist nun vor allem von Bedeutung, daß er dies nicht als ein "gemischtes Princip" verstanden wissen wollte. Wenngleich er mit **Berzelius** der Ansicht sei,

"dass das System nur auf die Art der Elemente und deren Zusammensetzung Rücksicht zu nehmen hat, so ist doch die Krystallform nichts Anderes als der Ausdruck einer bestimmten Zusammensetzung"³⁶.

Und ihre Bedeutung in dieser Hinsicht sei umso größer, als die vollständige Kenntniss der chemischen Zusammensetzung, wie sie das **Nordenskiöld'sche** System verlangte, für viele Mineralien noch nicht vorliege. Die Kristallform zeige aber noch viel mehr an als die bloße Zusammensetzung,

"sie sagt uns auch die Art, wie die Atome vereinigt sind, und diese Verschiedenheit in der Art der Vereinigung der Atome begründet oft mehr die äussere Verschiedenheit der Körper, als die Verschiedenheit der Atome selbst"³⁷.

Hier vor allem machte **Rose** sich zum Vorläufer **Groth's**. Wenngleich der alte **Haüy'sche** Relationssatz auch für **Rose** nicht mehr galt, so war doch die Frage nach der Abhängigkeit der Kristallform von der chemischen Zusammensetzung durch die Isomorphie nicht aufgehoben worden. Es sei vielmehr erforderlich, die Folgerungen, die sich aus dieser für die Mineralogie ergaben, etwas weiter zu verfolgen, als man dies bisher getan habe. Und im weiteren Fortgang dieser Auseinandersetzung erschien dann auch das Problem, an dem **Groth** letztlich anknüpfen sollte.

Ein Problem hatte nämlich auch das "krystallo-chemische System" nicht lösen können: das der (isomorphen) Mischkristalle bzw. der Bestimmung von Spezies solcher Mischungen. Die verschiedenen, hierzu entwickelten Vorschläge seien doch letztlich alle unbefriedigend geblieben. Eine Lösungsmöglichkeit sah **Rose** darin gegeben, daß sich die Verbindungen isomorpher

35. Ebd.

36. Rose (1852), S. 6.

37. Rose (1852), S. 7. Wenn Rose's System an den Beginn der 'modernen Mineralogie' gestellt werden soll, so wäre diese Aussage als ein Hauptgrund hierfür zu nennen, insofern als hier gewissermaßen eine rein geometrische (und damit quantifizierbare) Eigenschaft der Mineralien über die 'Qualität der Materien' gestellt wird.

Körper "häufig durch, wenn auch nur kleine, Unterschiede in den Winkeln der Krystalle, in Strahlenbrechung, Farbe, Härte und specifischem Gewicht" unterschieden. Diese Unterschiede seien - vorausgesetzt, man sei im Stande, sie genau zu bestimmen - als eigenständige Arten festzuhalten. Nur dadurch sei es möglich, "alle die gegenseitigen Beziehungen zwischen den physikalischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung der Mineralien in Zahlenwerthen auszudrücken"³⁸. Und eben dies sollte **Groth** mit seinem Konzept der *Morphotropie*, wenngleich von einer anderen Richtung her, versuchen.

Rammelsbergs "Krystallographische Chemie" reihte sich dann im wesentlichen den Arbeiten seiner Vorgänger (insbesondere von **Mitscherlich**, **Kopp** und **Rose**) an. Er selbst sah die Bedeutung seiner Arbeit vor allem darin, daß er deren Arbeiten "sämtlich einer Revision unterworfen" habe: "Blosse Messungen wurden berechnet, die vorhandenen Rechnungen wiederholt" und dadurch deren "Richtigkeit controllirt" und auf "etwaige Irrthümer hingewiesen". Und dem habe er schließlich das Material seiner eigenen Untersuchungen hinzugefügt³⁹. **Rammelbergs** Ziel war letztlich auch eher, die - neben den chemischen und physikalischen Eigenschaften - oft vernachlässigte dritte Klasse von Eigenschaften der kristallisierten Verbindungen, eben deren "geometrische" Eigenschaften bzw. die Kristallform, zu beschreiben, als nach ursächlichen Beziehungen zwischen diesen Klassen von Eigenschaften zu fragen⁴⁰.

Dies also war der im engeren Sinne mineralogisch-kristallographische Hintergrund der **Grothschen** Chemischen Kristallographie. Deren eigentlich konstitutive Elemente - und hierin unterschied er sich nun eben nicht unwesentlich von seinen Vorgängern - kamen aber gerade nicht aus der Mineralogie, sondern vielmehr aus dem Bereich der organischen Chemie. Dies wird deutlich, wenn wir uns **Groths** Werdegang bis zu seiner Habilitation im Jahr 1870, wie er selbst ihn in seiner

38. Vgl. Rose (1852), S. 11f.

39. Vgl. Rammelsberg (1855), S. ix f.

40. Vgl. Rammelsberg (1855), S. vii f.

unveröffentlichten Autobiographie (GLE) beschrieben hat⁴¹, etwas näher betrachten.

Groths Weg in die Mineralogie war zunächst ein durchaus klassischer⁴². In seiner Gymnasialzeit - **Groth** besuchte ab Ostern 1856 das Gymnasium zum heiligen Kreuz in Dresden - galten seine Interessen, neben den Naturwissenschaften (Astronomie, Meteorologie, Naturgeschichte), vor allem der Geschichte und hierbei insbesondere auch der Geschichte der Naturwissenschaften. Sein Lehrer in Mathematik und Physik war in den oberen Klassen **R. Baltzer** (1818-1887), ein Schüler von **A. F. Möbius** (1790-1868) in Leipzig, der durch seine Schriften über Determinantentheorie bekannt geworden ist und 1868 einem Ruf als Professor an die Universität Giessen folgte. Besonders angeregt habe ihn aber der UB zweite Lehrer für Mathematik und Naturwissenschaften, **Karl Traugott Sachse** (1815-1863), der in den mittleren Klassen Mineralogie und Geognosie, Astronomie, mathematische und

41. Bei dieser sogenannten Autobiographie handelt es sich um ein unvollendetes Manuskript, in welchem Groth auf 263 Seiten seine Studienzeit in Freiberg, Dresden und Berlin sowie sein Tätigkeit in Straßburg beschreibt. Das Manuskript ist 1926/27 entstanden und sollte unter dem Titel "Lebenserinnerungen eines Naturforschers" erscheinen, wie dies von Groth selbst noch im Nachtrag zu seiner Geschichte der Mineralogie angekündigt worden war. Vgl. Groth (1926), S. 262. Eine Augenoperation (fortschreitender grauer Star) im Sommer 1926 zwang ihn allerdings zur Unterbrechung der Arbeit, die er anschließend zwar noch einmal aufgenommen hat, die dann aber letztlich durch seinen Tod am 2.12.1927 unvollendet geblieben ist. Vgl. Steinmetz/Weber (1938), S. 13f. Ausgearbeitet ist der Teil bis zu Groths Wechsel nach München; er existiert in einem handschriftlichen Manuskript (BSB-Hs: Grothiana I.27) sowie einer maschinenschriftlichen Abschrift (BSB-Hs: Grothiana I.29). Über die Münchener Zeit liegen dagegen nur noch handschriftliche Notizen vor (BSB-Hs: Grothiana I.28). Groths "Lebenserinnerungen" werden im Folgenden als GLE zitiert.

Diese Autobiographie Groths ist nicht unbekannt. Bisher ist sie allerdings, soweit bekannt, nur von Steinmetz/Weber (1938) zumindest teilweise ausgewertet worden. Es ist zwar schon verschiedentlich (so u. a. von Dr. R. Hochleitner, dem derzeitigen Konservator der Bayerischen Mineralogischen Staatssammlung) die Absicht geäußert worden, dieses Manuskript - welches nicht nur ein Dokument zur Geschichte der Mineralogie im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert darstellt, sondern zugleich zur Kulturgeschichte dieser Zeit - herauszugeben. Konkrete Bemühungen in dieser Richtung sind allerdings gegenwärtig, soweit ich es übersehe, nicht im Gange.

42. Soweit nicht anders angegeben, sind alle folgenden biographischen Angaben Groths Autobiographie (GLE) entnommen (BSB-Hs: Grothiana I. 27-29); die Seitenangaben beziehen sich auf das mschr. Ms. (BSB-Hs: Grothiana I. 29). Vgl. hierzu auch Steinmetz/Weber (1939), S. 5-7.

physikalische Geologie sowie Physik unterrichtete; **Sachse**, der selbst seit 1848 regelmäßige meteorologische und astronomische Beobachtungen anstellte, leitete ihn u. a. zu ersten eigenen astronomischen Beobachtung sowie zur Anfertigung einer Karte zur Verteilung der Vulkane auf der Erde an⁴³. Lgen

Zu seiner Lektüre in dieser Zeit zählten die Werke **Alexander von Humboldts**, die populären Lehrbücher der Astronomie von **J. H. Mädler** (1794-1874)⁴⁴ und **F. Arago** (1786-1853)⁴⁵ sowie vor allem auch ~~die~~ dessen Biographien berühmter, meist französischer Physiker, Astronomen und Mathematiker. In **Sachsens** Unterricht habe überhaupt die geschichtliche Entwicklung der einzelnen Disziplinen immer einen breiten Raum eingenommen, und diese Kenntnis vermehrte er durch das Studium weiterer Biographien bedeutender Naturforscher (u. a. von **C. F. Gauß**, **C. G. J. Jacobi** und **G. W. Leibniz**)⁴⁶. Seine mineralogischen Kenntnisse schließlich gründeten sich zunächst vor allem auf das 1855 erschienene *Handbuch der Mineralogie* von **F. A. Quenstedt** (1809-1889), dem er auch die erste Bekanntschaft mit der Zonenlehre von **C. S. Weiß** (dem Lehrer **Quenstedts**) verdankte. Allerdings sei diese dort "in einer mathematische Klarheit und Uebersichtlichkeit ganz entbehrenden Art" dargestellt worden, so daß es ihm nicht gelungen sei, "von dieser Wissenschaft befriedigende Kenntnisse daraus zu schöpfen"⁴⁷. Mz

43. Vgl. Groth (GLE), S. 5f.

44. Gemeint ist J. H. Mädler: Populäre Astronomie. Berlin 1841. Das Werk hat bis 1861 fünf Auflagen erlebt.

45. F. Arago: Astronomie populaire. 4 Bde. Paris 1854-57. Eine dt. Übers. enthält F. Arago: Sämtliche Werke. Hrsg. von W. G. Hankel. Bd. 11-14. Leipzig 1855-59.

46. Vgl. Groth (GLE), S. 6f. Seine historischen Interessen machten ihn auch schon in der Gymnasialzeit zu einem eifrigen Sammler antiquarischer Werke zur Mineralogie und Geologie, wovon er im Verlaufe der Zeit "eine verhältnismässig reiche Sammlung" in seinen Besitz gebracht habe, u. a. J. Kentmanns (1518-1574) "Nomenclaturae Rerum fossilium, quae in Misnia praecipue, et alijs quoque regionibus inveniuntur" (Zürich, 1565), vor allem aber die Werke A. G. Werners und seiner Schüler sowie die Schriften über dessen Lehrtätigkeit an der Bergakademie Freiberg. Vgl. Groth (GLE), S. 10f.

47. Groth (GLE), S. 10. Quenstedt, der bereits 1840 ein (wesentlich auf C. S. Weiß gestütztes) "Lehrbuch der Krystallographie" veröffentlichte (welches auch durchaus wertvoll war zur Verbreitung der neuen kristallographischen Methoden), hat 1873 noch einmal einen "Grundriß der bestimmenden und rechnenden Krystallographie" geschrieben, der allerdings bei den modernen Krystallographen wenig positive Resonanz fand. A. Brezina - dessen ironische, aber treffende Kommentare uns im Folgenden noch verschiedentlich begegnen werden - macht diese Resonanz mehr als deutlich. 1875 berichtete er Groth, daß er während eines Aufenthaltes in Rom oft mit dem dortigen Vertreter der

Neben der Überlegung, daß "zu einer rein wissenschaftlichen Beschäftigung mit der Naturkunde, ..., der Besitz eines Vermögens erforderlich war", und er sich deshalb für ein "sogenanntes Brotstudium" habe entscheiden müssen, waren es insbesondere auch seine historischen Kenntnisse - und hierbei wiederum die Tatsache, daß aus der Schule **A. G. Werners** in Freiberg so bekannte Naturforscher hervorgegangen seien, wie **Leopold von Buch** und **Alexander von Humboldt** - bestärkten seine Entscheidung, ab Herbst 1862 in Freiberg Bergwissenschaften zu studieren⁴⁸.

Seine Lehrer in Freiberg waren zunächst, neben **Julius Weisbach** (1806-1871), der (Maschinen)Mechanik und "allgemeine Markscheidekunst" unterrichtete, vor allem **Johann Friedrich August Breithaupt** (1791-1873) - ältestes Mitglied des Lehrerkollegiums und der einzige noch lebende Schüler und Mitarbeiter **Werners** - in Mineralogie, **Bernhard von Cotta** (1808-1879) in Geognosie und Erzlagerstättenlehre sowie in allgemeiner Chemie **Karl Theodor Scherer** (1813-1875). Weitaus am meisten boten ihm die Veranstaltungen **Breithaupts**, der ihm auch die ungehinderte Benutzung der mineralogischen Sammlung gestattet hatte, sowie die Anleitungen in der "Lötrohrprobierkunde" durch **H. T. Richter** (1824-1898), den Nachfolger **K. F. Plattners** (1800-1858) in Freiberg, während er etwa in den mathematischen und physikalischen Vorlesungen kaum etwas Neues gelernt habe⁴⁹.

Kristallographie lernte er dann allerdings weniger in den Vorlesungen, als vielmehr anhand der Werke von **Carl Friedrich Naumann** (1797-1873), die ihm durch ihre "klare und anschauliche Darstellung" - im Gegensatz zum Werk **Quenstedts** - "keinerlei Schwierigkeiten" darboten⁵⁰. Mit **Naumann** sollte **Groth** auch im Sommer 1865 persönlich bekannt werden. Von Dresden aus unternahm

Mineralogie, G. Strüver, "nach Tisch" eine Stunde zusammen gegessen habe, "wobei wir wechselseitig einer aus Quenstedts Krystallographie vorgelesen und der andere im Namen von uns beiden sich am Boden gewälzt hat". Brezina an Groth, 1875 [o. genaues D.] (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 8).

48. Vgl. Groth (GLE), S. 11.

49. Vgl. Groth (GLE), S. 13f. & 16f.

50. Vgl. Groth (GLE), S. 17. Die kristallographischen Werke Naumanns sind vor allem der "Grundriß der Krystallographie" (Leipzig, 1826) und das "Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie" (2 Bde., Leipzig, 1830). Auch Naumanns "Lehrbuch der Geognosie" (2 Bde., Leipzig, 1856), für Jahrzehnte das Standardwerk über Petrographie, habe er eingehend studiert. Zur Mineralogie und Kristallographie Naumanns vgl. etwa Wagenbreth (1981), S. 320-9.

er eine etwas längere Studienreise in das Fichtelgebirges und den fränkischen Jura, welche ihn auch nach Karlsbad führte. Dort traf er einen ihm (von einem Aufenthalt in Zwickau im Jahr 1864) bekannten Leipziger Studenten namens **H. Schnorr**, der inzwischen "Amanuensis" (gewissermaßen eine studentische Hilfskraft, welcher als Entgelt für ihre Leistungen Honorarfreiheit gewährt wurde) bei **Naumann**, dem Ordinarius für Mineralogie und Geognosie in Leipzig (seit 1842). **Schnorr** führte **Groth** bei dem ebenfalls gerade zur Kur in Karlsbad weilenden **Naumann** ein. Und dieser unterstützte **Groth** in seinem inzwischen gefaßten Entschluß, zum weiteren Studium nach Berlin zu **G. Rose** zu gehen, sowie später auch durch seine wohlwollenden Urteile über **Groths** erste Berliner Arbeiten, die dieser ihm gesandt hatte⁵¹.

Ebenso wie für das Studium der Kristallographie, seien die Verhältnisse in Freiberg auch "für die gründliche Ausbildung in der chemischen Analyse ... nicht günstig" gewesen. **Groth** hat sich deshalb (zusammen mit einem neben ihm wohnenden Studiengenossen namens **E. Löscher**) "die an unsere Zimmer anstossende Küche zu einem chemischen Laboratorium" eingerichtet und dort die Methoden der qualitativen Analyse nach **C. R. Fresenius** (1818-1897) durchgearbeitet⁵².

Bereits im ersten Jahr seines Studiums hatte **Groth** - angezogen durch die Bekanntheit der Universität und auch eine Reise dorthin in den Osterferien des Jahres 1863 - den Entschluß gefaßt, sein Studium später in Berlin fortzusetzen. Und dies wollte er nun im Herbst 1864, nach zwei Jahren in Freiberg, tun. Als er allerdings erfuhr, daß es um den praktischen chemischen Unterricht in Berlin durch den Tod von **Heinrich Rose** (1795-1864) derzeit nicht gut bestellt war, dagegen an der polytechnischen

51. Vgl. Groth (GLE), S. 22-4. Zwei dieser Schreiben Naumanns befinden sich im Nachlaß Groths (BSB-Hs: Grothiana X/C. Naumann). Bei seinem Treffen mit Naumann erfuhr Groth auch von den "unwürdige Verhältnissen", unter denen dieser in Leipzig unterrichten mußte. So hätten ihm nur äußerst geringe Mittel für den Unterricht sowie die Beschäftigung von Hilfskräften zur Verfügung gestanden; seinem Nachfolger F. Zirkel (1838-1912) seien dagegen "ohne Weiteres die Mittel für das nötige Personal und für einen Institutsbau mit so grosser Amtswohnung" gewährt worden, daß er diese "nur teilweise zu benützen in der Lage war". Vgl. Groth (GLE), S. 23.

52. Vgl. Groth (GLE), S. 17. Das genannte Werk ist C. R. Fresenius: Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse. Bonn (1841).

Schule in Dresden ein recht gut eingerichtetes analytisches Laboratorium bestand, setzte er sein Studium zunächst dort fort⁵³. t

Die Zeit in Dresden brachte **Groth** nun vor allem die Bekanntschaft des Geologen **H. B. Geinitz** (1814-1900), des Professors für Mineralogie und Geologie an der polytechnischen Schule. **Geinitz** leitete auch die von **Groth** regelmäßig besuchten Sektionen für Mineralogie und Geologie der naturwissenschaftlichen Gesellschaft *Isis* in Dresden, welcher er als Mitglied beigetreten war. Der Dresdener Geologe wurde ihm ein "väterlicher Freund", der ihn bis zu seinem Lebensende unterstützt habe⁵⁴. Sein mineralogischer Lehrer in Dresden war vor allem **Ernst Fürchtegott Zschau** (1823-1909), ebenfalls Mitglied der *Isis* und Lehrer der Naturwissenschaften an der städtischen Handelsschule. Er machte ihn mit den Pegmatitmineralien im Syenit des Plauenschen Grundes bei Dresden bekannt, und daraus entstand nun auch **Groths** erste Publikation. **Groth** hatte den bei weitem größten Teil seiner Zeit in Dresden auf die Arbeit im chemischen Laboratorium der polytechnischen Schule verwandt, so daß er sich bereits im Sommersemester "an schwierigere Aufgaben dieses Gebietes" habe wagen wollen. Und dazu bot nun eben jenes Vorkommen des braunen Titanits im Syenit des Plauenschen Grundes eine Gelegenheit. Das Mineral sei dort zum Teil in eine "hellgelbe erdige Substanz" umgewandelt und weder diese noch die frischen Kristalle seien bis dahin chemisch untersucht worden. Bei der chemischen Untersuchung stellte **Groth** nun fest, daß dieses Mineral eine nicht zu vernachlässigende Menge "dreiwertiger Metalle" enthielt, von denen ein kleiner Teil auch denen der sogenannten "seltenen Erden (Yttrium)" anzugehören schien. Er nahm deshalb an, daß sich dieser "braune Titanit von dem hellgrünen 'Sphen' [ein in Klüften aufgewachsener Titanitkristall; B. F.] der Alpen" chemisch dadurch unterscheide, daß hier die "Titansäure durch die Sesquioxyde Tonerde (untergeordnet Yttriumoxyd) und Eisenoxyd isomorph ersetzt sei" und das Mineral so eine "Analogie mit dem norwegischen Yttriumtitanit" (Yttrötitanit) darbiete. Diese Titanit-Varietät wurde zwei Jahre später durch **J. D. Dana** (1813-1895) als *Grothit*

53. Vgl. Groth (GLE), S. 15 & 18f.

54. Vgl. Groth (GLE), S. 19f. Von Geinitz befinden sich 19 Briefe aus den Jahren 1866-1896 an Groth (BSB-Hs: Grothiana X/Geinitz), die bisher noch nicht vollständig ausgewertet werden konnten.

benannt⁵⁵.

Im Oktober 1865 siedelte **Groth** nach Berlin über, und vor allem hier hat seine Chemische Kristallographie ihre eigentliche Prägung erfahren. **Groth** hatte bis dahin vor allem die "naturhistorische Richtung" der Mineralogie kennen gelernt, und Berlin schien ihm der richtige Ort, seine Kenntnisse in Kristallographie bzw. physikalischer Kristallographie und Mineralchemie zu vervollständigen⁵⁶. Der Vertreter der Mineralogie an der Berliner Universität war **G. Rose**, der Schüler und Nachfolger von **C. S. Weiß**⁵⁷. Als er bei diesem vorstellig wurde, sah er seine Erwartungen allerdings zunächst enttäuscht:

So stand ich in dem Glauben, dass an der größten Universität Deutschlands, wo ein so berühmter Lehrer wie G. Rose wirkte, für den Unterricht und die Forschung in den mineralogischen Wissenschaften die vollkommendsten Einrichtungen beständen und mir durch ein Empfehlungsschreiben meines Lehrers Breithaupt eröffnet werden würden. Bei meinem Antrittsbesuch und der Überreichung dieses Briefes erfuhr ich jedoch, trotz der Freundlichkeit, mit der ich empfangen wurde, zunächst eine bittere Enttäuschung, denn als ich auf Rose's Frage, was ich in Berlin tun wolle, antwortete: ich wünschte die noch nicht untersuchten Krystalle einiger mitgebrachter Vorkommen zu messen und überhaupt mich in der praktischen Krystallographie weiter auszubilden, sagte er verlegen 'dann müssen Sie sich ein Zimmer mieten, welches verdunkelt werden kann, und sich ein Goniometer kaufen'. Als ich betroffen erwiderte, mein Hauptzweck sei allerdings, zunächst Physik und namentlich Optik zu studieren, weil diese für die Untersuchung der Krystalle mir unentbehrlich zu sein scheine; hierauf antwortete er sichtlich erleichtert: 'Das ist sehr schön, das

55. Vgl. Groth (GLE), S. 20-2. Vgl. hierzu auch Groth (1866), S. 44-6 & 50. Bestätigung fanden Groths Ergebnisse durch den italienischen Mineralchemiker A. Cossa, der später in ähnlichen Titaniten anderer Fundorte einen analogen Gehalt an seltenen Erden nachwies.

56. Groth gibt im Folgenden in seinen Lebenserinnerungen zum Teil sehr ausführliche Schilderungen der Persönlichkeiten, die in Berlin wirkten bzw. gewirkt haben. Hier müssen wir uns jetzt allerdings auf die Aspekte beschränken, die direkt für seine Chemische Kristallographie von Bedeutung geworden sind.

57. Beide seien allerdings von ihren Interessen her sehr verschieden gewesen. Weiß habe "bahnbrechend" gewirkt bei der Erforschung der "krystallographischen Grundgesetze, während ihm die eigentliche Mineralogie ferner lag und namentlich alles, was mit Chemie zusammenhing, gänzlich fremd war". G. Rose dagegen hatte sich, nicht zuletzt veranlaßt durch seine Beteiligung an Mitscherlichs Entdeckung der Isomorphie, mehr der chemischen Richtung zugewandt und so - im Anschluß vor allem auch an Berzelius - ein "krystallographisches Mineralsystem" entwickelt. Weiß war daneben wesentlich verantwortlich für den Ausbau der Geowissenschaften in Berlin, so etwa dadurch, daß auf seine Veranlassung für Rose neben ihm eine zweite ordentliche Professur der Mineralogie sowie eine weitere für Versteinerungskunde eingerichtet wurde. Vgl. Groth (GLE), S. 28f.

können wir hier gar nicht und können es dann von Ihnen lernen'⁵⁸.

Rose wurde **Groths** Lehrer in Mineralogie und Kristallographie. Er hielt seine Vorlesung über Mineralogie - in Anlehnung an die Methode von **Weiß** - so, daß sie mit der Kieselsäure begann und dann die Silikate ausführlich behandelte (wobei dann etwa für die Erze am Schluß nur wenig Zeit übrigblieb); parallel dazu wurde die bei der Beschreibung der einzelnen Mineralien berücksichtigte Zonenlehre in einer einstündigen Vorlesung über Kristallographie vertieft (vor allem am Beispiel des Quarzes und der Feldspäte)⁵⁹. **Rose** hielt im Sommersemester auch Vorlesungen über "Geognosie", welche im wesentlichen "eine ausführliche und sachkundige Petrographie" waren, und zwar "mit Berücksichtigung der mikroskopischen Verhältnisse, wie sie damals wohl an keiner Hochschule gelehrt wurden" (was u. a. deshalb wenig bekannt geworden sei, weil **Rose** darüber nur wenig veröffentlicht hat)⁶⁰.

Der zweite maßgebliche Lehrer **Groths** in Berlin war der Physiker **G. Magnus** (1802-1870), bei dem er zunächst die Vorlesung über Experimentalphysik besuchte, die wegen der vorzüglichen Versuche "als besonders lehrreich gerühmt" wurde. Im Sommersemester hatte er die Erlaubnis, als Zuhörer an dem einmal wöchentlich stattfindenden Colloquium im Laboratorium von **Magnus** teilzunehmen, wo dieser neuere Fachliteratur vorlegte und seine früheren und jetzigen Schüler über einzelne Arbeiten referierten, und er nahm an den Exkursionen in einige Fabriken der damals noch wenig ausgedehnten Berliner Industrie teil, die Magnus im Rahmen seiner "Technologie"-Vorlesung anbot⁶¹. Physik, insbesondere Optik, hat **Groth** daneben auch bei **G. Quincke** (1834-1924) gehört,

58. Groth (GLe), S. 30.

59. Vgl. Groth (GLe), S. 33.

60. Vgl. Groth (GLe), S. 39. Rose war zu dieser Zeit Vorsitzender der Deutschen Geologischen Gesellschaft, und er hat Groth dort eingeführt und zum Mitglied vorgeschlagen. Auf Groths Beziehungen zur Berliner Geologie kann jetzt nicht näher eingegangen werden. Natürlich hat Groth in seiner Berliner Zeit auch die dortigen maßgeblichen Geologen und Petrographen kennen gelernt, so etwa H. E. Beyrich (1815-1896), dessen Vorlesung über "Versteinerungskunde" er hörte, J. Ewald (?-1891), der an einer Geschichte der Geologie gearbeitet habe, deren Ms. allerdings nicht mehr erhalten sei, den Petrographen J. L. A. Roth (1818-1892), der als ausserordentlicher Professor an der Universität Vorlesungen über chemische Geologie hielt, u. v. a. Vgl. Groth (GLe), S. 33-9.

61. Vgl. Groth (GLe), S. 31 & 40.

welcher die Theorie des Lichtes seines Lehrers **Franz Neumann** (1798-1895) vortrug⁶².

Wenig befriedigend erwies sich in diesem ersten Jahr die Fortbildung in "chemischer Mineralanalyse". **H. Rose** war im Jahr zuvor gestorben und die Universität hatte kein eigenes Laboratorium. Dem als Nachfolger **Mitscherlichs** berufenen Professor für allgemeine Chemie, **A. W. Hofmann** (1818-1892)⁶³, war ein Laboratorium bewilligt, aber noch nicht eingerichtet, so daß dieser "einstweilen noch in den früher von Mitscherlich benutzen Räumen in dem Gebäude der k. Akademie der Wissenschaften" arbeitete. Von **Rose** wußte **Groth** allerdings, daß in der wenige Jahre zuvor gegründeten und in dem alten Börsengebäude am Lustgarten untergebrachten Bergakademie ein Laboratorium unter der Leitung des langjährigen Assistenten seines verstorbenen Bruders, **R. H. Finkener** (1834-1902), eingerichtet sei, welches auch den Studierenden der Universität zugänglich war. Dort also bekam **Groth** zunächst einen Arbeitsplatz, und **Finkener** ließ ihn auch an den Vorarbeiten zur neuen Ausgabe des Handbuches der analytischen Chemie von H. Rose mitarbeiten⁶⁴. Zeitweilig hat **Groth** aber auch in dem Laboratorium des Gewerbeinstituts (der späteren technischen Hochschule) gearbeitet, das von **C. V. Rammelsberg**, dem dortigen Professor für Chemie geleitet wurde, ^{Vf.} welchen **Groth** von der Geologischen Gesellschaft her kannte und der ihn bei seinen Arbeiten auch mit chemischen Präparaten unterstützte⁶⁵.

Einige der weiteren Berliner Lehrer **Groths** aus dieser ersten Zeit seien zumindest kurz genannt: Dies waren zunächst die Mathematiker **L. Kronecker** (1823-1891) und **Karl Weierstraß** (1815-1897), bei denen **Groth** Vorlesungen über "algebraische Gleichungen" bzw. "synthetische Geometrie" hörte, wobei sich insbesondere die letztere als sehr anregend erwiesen hätte und ihm für seine späteren Studien über geometrische Gesetzmäßigkeiten der Kristalle vielfach von Nutzen gewesen sei⁶⁶. Nicht

62. Vgl. Groth (GLE), S. 41.

63. Auf dessen Biographie von Volhard/Fischer (1902) sei hier ausdrücklich verwiesen. Sie enthält ausführliche Schilderungen der damaligen Verhältnisse an der Berliner Universität von Hofmanns selbst. **Groth** konnte ich dort allerdings nicht entdecken.

64. Vgl. Groth (GLE), S. 34f.

65. Vgl. Groth (GLE), S. 46.

66. Vgl. Groth (GLE), S. 32f. & 41.

unmaßgeblich waren für **Groth** auch die Bekanntheit mit **J. C. Poggendorf** (1796-1877), der über Geschichte (der Physik las, und mit **W. J. Förster** (1832-1921), dem Direktor (der Berliner Sternwarte (seit 1865), bei dem er "Geschichte der Bewegungstheorie" hörte und an Übungen auf der Sternwarte teilnahm⁶⁷. L ff

Im Frühjahr 1867 wollte **Groth** mit den Arbeiten für seine Dissertation beginnen, in der er überchlorsaures und übermangansaures Kalium optisch untersuchen wollte. Für solche optischen Untersuchungen gab es eigentlich nur einen geeigneten Ort in Berlin, das unweit der Universität am Kupfergraben neben der Dorotheenstraße gelegene Laboratorium von **G. Magnus**, welches dieser sich privat eingerichtet hatte. **Groth** unterbreitete **Magnus** seinen Plan und wurde daraufhin zur Laborarbeit zugelassen⁶⁸. Dort arbeiteten zu dieser Zeit u. a. der Experimentalphysiker **A. Kundt** (1839-1894), der mit Untersuchungen über tönende Luftplatten beschäftigt war, und **E. Warburg** (1846-1931), der spätere Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin (er arbeitete ebenfalls an einer Doktorarbeit über Schallgeschwindigkeit in weichen Körpern)⁶⁹. Tra

Groths Idee war, aus den K-Perchloraten und K-Permanganaten - von denen er aus **Mitscherlichs** Arbeiten gewußt habe, daß sie isomorph seien - Mischkristalle herzustellen, um so die Doppelbrechungsverhältnisse in einem undurchsichtigen Kristall messen zu können. Diese Idee erwies sich allerdings schnell als undurchführbar, da schon geringe Mengen übermangansaures Kalium in den Mischkristallen mit dem Perchlorat eine so starke

67. Vgl. Groth (GLE), S. 32f. Durch Förster ist Groth später auch der junge Mechaniker und Optiker Rudolf Fueß (1838-1917) empfohlen worden, der für die Sternwarte bereits einige kleinere Arbeiten zu Försters Zufriedenheit ausgeführt hatte. Mit ihm zusammen entwarf Groth 1870 einen optischen Apparat (ähnlich dem von Des Cloizeaux), welcher "nicht nur wesentliche Verbesserungen darbot, sondern auch mannigfachere Verwendung, nämlich die eines Goniometers zur Messung der Winkel und eines Refraktometers zur Bestimmung der Brechbarkeit der Krystalle". Dieser sogenannte "krystallographische Universalapparat" wurde von "Fueß in vortrefflicher Weise ausgeführt", und dies "war der Beginn der späteren Weltfirma für krystallographische und optische Instrumente". Noch Jahrzehnte blieb er "einer der am häufigsten von der Fueß'schen Werkstätte gelieferten Gegenstände". Vgl. Groth (GLE), S. 81. Fueß' Beziehung zu Groth ist in 213 Briefen an diesen aus den Jahren 1870-1922 dokumentiert (BSB-Hs: Grothiana X/Fueß).

68. Vgl. Groth (GLE), S. 42-4.

69. Vgl. Groth (GLE), S. 45.

Absorption erzeugten, dass die Grenze für die optische Untersuchung erreicht gewesen sei⁷⁰. Dagegen erwiesen sich nun diese Mischkristalle geeignet zur Prüfung einer anderen Frage, und dies ist dann auch diejenige, die **Groth** Zeit seines Lebens beschäftigen sollte, der Frage nämlich,

"nach welchem Gesetze sich die Winkel der Krystalle in einer Reihe isomorpher Mischungen mit der Zusammensetzung ändern, ob z. B. die Werte eines bestimmten Prismenwinkels von dem des Perchlorats zu dem des Permanganats mit dem Mangangehalt kontinuierlich steigen oder fallen"⁷¹.

Diese Untersuchungen also machte er zum Gegenstand seiner Dissertation⁷², mit der er dann auch im Dezember 1867 zum Rigorosum zugelassen wurde. Seine Prüfer waren **G. Rose** in Mineralogie (welchen er mit der Feststellung entsetzte, daß die Atome von Kalium und Ammonium gleich zusammengesetzt seien), **G. Magnus** in Physik, **A. W. Hofmann** in Chemie und schließlich in Philosophie **F. Harms** (1819-1880). Diese Prüfungen fanden damals noch vor der gesamten Fakultät statt: Unter den Zuhörern befanden sich u. a. die Historiker **F. von Raumer** (1781-1873), **L. von Ranke** (1795-1886), **T. Mommsen** (1817-1903) und **E. Curtius** (1814-1896), der Ägyptologe **K. R. Lepsius** (1810-1884) und die Mathematiker **E. Kummer** (1810-1893) sowie der bereits genannte **Weierstraß**. Ab 1. April 1868 (bis 1. 4. 1870) war **Groth** schließlich Assistent bei **Magnus**⁷³.

Die Zeit nach der Promotion bzw. die Arbeit bei **Magnus** brachten **Groth** in noch engere Beziehung zu den Berliner Wissenschaftlern und ließen ihn eine Reihe neuer Kontakte schließen. Seine Arbeiten hatten das Interesse von **G. Rose** gefunden, bei dem er nunmehr häufig zu Gast war⁷⁴. Er lernte dort **C. G. Ehrenberg** (1795-1876) kennen, **Roses** und **Humboldts** Begleiter auf der Reise in den Ural im Jahr 1829, den "den geistvollen und originellen" Leipziger Astronomen **F. Zöllner** (1834-1882) ^L, und ^{L8}

70. Vgl. Groth (GLE), S. 42f. & 48.

71. Groth (GLE), S. 48. Im vorliegenden Fall rhombischer Kristalle hätte sich eine solche Einwirkung dergestalt gezeigt, daß sie in den drei Achsenrichtungen "ganz verschieden stattfindet", so daß z. B. die Werte eines Prismenwinkels sogar außerhalb der Grenzen der reinen Salze liegen konnten.

72. Vgl. Groth (1868a).

73. Vgl. Groth (GLE), S. 52f. Die Promotion erfolgte erst zum 1. 5. 1868, da es geraume Zeit gedauert habe, bis die Arbeit in "Poggendorffs Annalen" habe aufgenommen werden können.

74. Rose hatte Groth auch später, wie er ihm selbst gesagt habe, als seinen Nachfolger in Berlin vorgesehen. Vgl. Groth (GLE), S. 64f.

er trat in engeren Kontakt mit "dem milden freundlichen" **Poggendorff**. Vor allem aber machte er hier die Bekanntschaft von **Roses** Schwiegersohn **G. vom Rath** (1830-1888), der in Bonn lehrte und sich dort im eigenen Haus ein Laboratorium zur Ausführung seiner kristallographischen und mineralogischen Arbeiten eingerichtet hatte⁷⁵. 1868 trat **Groth** in die physikalische Gesellschaft in Berlin ein (deren Vorsitzender zu dieser Zeit **E. Du Bois-Reymond** war), wo er vor allem mit **Quincke** näher bekannt wurde. Er war zeitweise auch Schriftführer der Gesellschaft, und er schrieb die Referate zur Kristallographie für die von der Gesellschaft herausgegebenen *Fortschritte der Physik*⁷⁶. Im Labor von **Magnus** schließlich machte **Groth** in dieser Zeit die Bekanntschaft des Physikers **W. Weber** (1804-1891) aus Göttingen, des irischen Physikers **J. Tyndall** (1820-1893) und des französischen Mineralogen **A. L. Des Cloizeaux** (1817-1897)⁷⁷. Li

Von Bedeutung für seine Arbeiten seien dann aber vor allem sein Umgang mit zahlreichen Vertretern der Chemie gewesen, welche er "in der damals entstehenden chemischen Gesellschaft" kennen lernte. Die Gesellschaft war Anfang des Jahres 1868 gegründet worden mit **Hofmann** als Präsident und den Vizepräsidenten **Rammelsberg**, **Magnus** und **A. Baeyer** (1835-1917). Mit **Baeyer**, dem Schüler von **F. A. Kekulé** (1829-1896) in Bonn, der als Lehrer der organischen Chemie am Gewerbeinstitut ein Laboratorium für sich und seine Schüler eingerichtet^f war **Groth** (der ja schon zeitweise in diesem Labor gearbeitet hatte) bald enger befreundet. Und am 22. März 1869 war schließlich auch **Kekulé** selbst, "der in Bonn eine glänzende Schule junger Chemiker begründet hatte und dessen epochemachende Benzoltheorie ich damals eifrig studierte", erstmals bei einer Sitzung der Gesellschaft zugegen⁷⁸. Flach

In "angenehmerer Erinnerung als die Besuche im Chemiepalast an der Dorotheenstrasse" (dem neu erbauten Chemischen Institut

75. Vgl. Groth (GLE), S. 49. G. vom Rath unterstützte Groth bei seinen Arbeiten dann auch häufig durch die Zusendung von Kristallen, so etwa für Groths optische Untersuchungen der schwefelsauren Salze, welche auch das Interesse von A. Kekulé gefunden hatten. Vom Rath an Groth, 5.2.1869 (BSB-Hs: Grothiana X/Rath 1). Die enge Beziehung zwischen beiden dokumentieren 202 Briefe vom Rath an Groth aus den Jahren 1869-1888 (BSB-Hs: Grothiana X/vom Rath), die bisher allerdings nur teilweise ausgewertet werden konnten.

76. Vgl. Groth (GLE), S. 57.

77. Vgl. Groth (GLE), S. 56.

78. Vgl. Groth (GLE), S. 57-9.

Hofmanns)⁷⁹ blieben **Groth** die Besuche in der "bescheidenen Arbeitsstätte" **Baeyers** an der Klosterstraße:

"Diese bestand aus einem einzigen Praktikantenraume, einem früheren Korridor des Souterrains, an dessen Ende je eine Treppe zum Parterre emporführte, einerseits an die Eingangstür, andererseits in das Arbeitszimmer des Vorstandes. Wenn ich am oberen Ende der ersten erschien und mich Einer der Praktikanten erblickte, sei es Graebe, Liebermann, Viktor Meyer oder der liebenswürdige Wiener Ludwig, so erscholl der Ruf: 'Wer hat Krystalle?' Während ich mich über deren Zusammensetzung, Darstellung usw. informierte, erschien gewöhnlich in der stets offen stehenden Tür seines Arbeitszimmers die hohe Gestalt Baeyer's und rief langsam die Worte: 'Kommen Sie hernach zu mir, ich habe auch Krystalle'"⁸⁰.

Auf die Arbeiten selbst, die **Groth** nun in den beiden Jahren bei **Magnus** durchgeführt hat - vor allem die über den Zusammenhang von Kristallform und Zircularpolarisation beim Quarz sowie seine 'Entdeckung' der *Morphotropie* - wird an späterer Stelle eingegangen werden. Die letztere Arbeit war am 28. 4. 1870 von **Rose** der Akademie der Wissenschaften vorgelegt und im gleichen Jahr in *Poggendorffs Annalen der Physik* veröffentlicht worden⁸¹. Am 9. Mai des Jahres hielt **Groth** darüber auch einen Vortrag vor der Chemischen Gesellschaft:

"Der Beifall, mit dem der Vortrag, namentlich von den mir befreundeten jüngeren Chemikern aufgenommen wurde, bestärkte meinen Entschluss, fortan meine wissenschaftliche Tätigkeit hauptsächlich auf das Gebiet der chemischen Krystallographie zu konzentrieren, und das Interesse, welches der Aufsatz auch bei auswärtigen Chemikern, besonders bei Kekulé und seinen Schülern fand, veranlasste es, dass mir von da ab in steigendem Maße aus den Arbeitsstätten der organischen Chemie die daselbst dargestellten krystallisierten Körper zuzingen und mich in den Stand setzten, das für die Beantwortung der von mir gestellten Fragen notwendige Material an Krystallbestimmungen nach und nach zu vermehren und durch Untersuchung verwandter Verbindungen zu vervollständigen"⁸².

Die Chemische Kristallographie, d. h. die Frage nach dem Zusammenhang von Kristallform und chemischer Konstitution wurde so das Thema von **Groths** Probevorlesung für die Habilitation im November 1870⁸³. **Groth** stand durch seinen Werdegang zum einen in der Tradition der beschreibenden, 'naturhistorischen' Mineralogie. Auf der anderen Seite hatte er durch sein Studium in

79. Der erste Spatenstich zu dem neuen Gebäude war am 15. Mai 1865 erfolgt; fertiggestellt war es vier Jahre später. Vgl. Volhard/Fischer (1902), S. 105.

80. Vgl. Groth (GLE), S. 63.

81. Vgl. Groth (1870a).

82. Groth (GLE), S. 73.

83. Vgl. Groth (GLE), S. 89.

Berlin und die Tätigkeit bei **Magnus** - wie vielleicht kein anderer deutschsprachiger Mineraloge seiner Zeit - die Ergebnisse und Fragestellungen der 'modernen' Physik und Chemie rezipiert. Das Forschungsprogramm einer Chemischen Kristallographie, das er so 1870 formulierte, gewann deshalb seine Bedeutung, wie zu Beginn gesagt, vor allem auch als Versuch, der Mineralogie eine neue *disziplinäre Matrix* zu geben, welche dem zeitgenössischen Stand der Chemie und der Physik bzw. der physikalischen Kristallographie Rechnung trug und so eine "moderne Mineralogie" zu begründen vermochte.

In seinen Lebenserinnerungen hat er dieses eigentliche Ziel seines Programms rückschauend so formuliert:

"Als Thema wählte ich für diese [seine Probevorlesung; B. F.] den Zusammenhang zwischen der Krystallform und der chemischen Konstitution. Anknüpfend an die früheren Ansichten über die Beziehungen der Mineralogie zur Chemie suchte ich nachzuweisen, welches reiche Arbeitsgebiet sich den Vertretern der ersteren Wissenschaft eröffnete, wenn sie sich nicht, wie die meisten es taten, auf die krystallographische Untersuchung der in der Natur vorkommenden Substanzen beschränkten, sondern das Gesamtgebiet der krystallisierten Stoffe mit Einschluss der organischen Verbindungen zum Gegenstand ihrer Forschungen machen würden, da es nur so gelingen könne, die gesetzmässige Abhängigkeit der Form und der physikalischen Eigenschaften der Krystalle von ihrer chemischen Natur zu erkennen. Da ich dieses Problem mir zur Lebensaufgabe gestellt hatte, so hegte ich den Wunsch, die Einsicht in die Wichtigkeit desselben im Kreise der Mineralogen möglichst zu verbreiten, in der Hoffnung unter ihnen gleichstrebende Mitarbeiter zu gewinnen"⁸⁴.

Groths Ausgangspunkte hierbei waren zunächst zwei - eigentlich sehr einfach klingende, aber eben für seine Zeit nicht durchweg selbstverständliche - Gedanken. Dies war zum einen die Zusammenfassung der Mineralogie, verstanden als die Kenntnis der Kristallformen und der daraus resultierenden physikalischen Eigenschaften der Körper, mit der Chemie in einem von **Charles F. Gerhardt** (1816-1856), dem "Begründer der neueren Typentheorie",

84. Groth (GLE), S. 89. Aus diesem Grund habe er die Abhandlung dann auch gerade nicht in einer physikalischen oder chemischen Zeitschrift veröffentlicht, sondern vielmehr im *Neuen Jahrbuch für Mineralogie*. Er wollte vor allem die Geologen und (älteren) Mineralogen ansprechen, welche in der Mehrzahl den Fortschritten der Chemie und Physik kaum gefolgt seien. Vgl. Groth, a. a. O., S. 89f.

propagierten engeren Verständnis zu einer, wie er es zunächst nannte, "Chemie im weiteren Sinne"⁸⁵.

Berzelius habe die Mineralogie als einen Teil der Chemie angesehen und die Chemie demnach als "die Wissenschaft von den materiellen Eigenschaften und Veränderungen der Körper" bestimmt. **C. F. Gerhardt** zufolge solle die Chemie sich nun allerdings lediglich mit den "stofflichen Veränderungen" befassen, durch welche die Körper entstehen bzw. welche mit ihnen unter der Einwirkung anderer Körper vor sich gehen, also gleichsam nur mit ihrer "Vergangenheit und Zukunft". Ihre Gegenwart dagegen, d. h. "die Gesamtheit der physikalischen Eigenschaften der fertig gebildeten chemischen Verbindungen", sei zwar in den Lehrbüchern der Chemie aufzuführen, insofern als diese das "Signalelement" des Körpers enthielten (d. h. die Mittel, ihn zu erkennen), sie selbst sei aber eigentlich nicht in das Gebiet der Chemie gehörig⁸⁶.

Von diesen physikalischen Eigenschaften (welche eben nach **Gerhardt** nicht in das eigentliche Gebiet der Chemie gehörten) sei zweifellos vor allem eine maßgeblich, nämlich die Kristallform, mit der alle übrigen physikalischen Eigenschaften, d. h. die

85. Vgl. Groth (1871), S. 226. Zu Gerhardt und dessen Typentheorie vgl. etwa auch Leveré (1971), S. 160-85. Eine zeitgenössische Darstellung der Entwicklung dieser "modernen Chemie" (d. h. der Typentheorie), wie sie vor allem mit den Namen von J.-B. Dumas (1800-1884), A. Laurent und eben Ch. F. Gerhardt verbunden ist, findet sich etwa bei Rau (1877), S. 80-111. Daß Groth allein schon durch diesen expliziten Anschluß an die 'moderne Chemie' bei seinen mineralogischen Zeitgenossen auf Widerstände stoßen mußte bzw. sich in deren Sichtweise gewissermaßen auf die Seite der 'Theoretiker der Chemie' (im Gegensatz zu den 'Praktikern') stellte, dies zeigt etwa der Münchner Mineraloge F. von Kobell (dessen Nachfolge Groth ja 1883 antreten sollte). Kobell wandte sich 1874 - unter Bezug auf H. Kolbe, der sich später vor allem auch als Kritiker der Stereochemie J. H. van't Hoff's hervortun sollte (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.) - gegen die "Anhänger der sog.[enannten] modernen Chemie" (d. h. der Typentheorie), welche anstelle der alten Berzeliusschen Summenformeln "ihre atomistisch-empirischen oder weiter gehend ihre zu theoretischen Betrachtungen und Speculationen entworfenen rationellen Formeln gebrauchen" wollten. Vgl. Kobell (1874), S. 318f. Diese Formeln könnten zwar im Einzelfall durchaus "zur Erklärung von Zersetzungen und Neubildungen ... mit Vortheil gebraucht werden"; an sich aber gebe eine "solche Zergliederung in die Elemente" für eine "normale Species ... nur die Farben, aber nicht das verlangte Bild ihres chemischen Wesens". Vgl. Kobell (1874), S. 324f. (Herv. B. F.).

86. Vgl. Groth (1871), S. 225 (Herv. orig.).

optischen, elektrischen, thermischen u. a. Merkmale notwendig zusammenhängen. Und nicht zuletzt sei diese Fähigkeit der Körper, zu kristallisieren, für den Chemiker schon aus pragmatischen Gründen nicht ganz unerheblich, insofern als allein sie es gestattete, einen Körper völlig rein von anderen zu trennen. Der Chemiker werde so die kristallisierten Körper auch lieber untersuchen als solche, welche nicht zum kristallisieren gebracht werden könnten, wie etwa die "öligen und harzigen Gemenge", welche oft mit der Bemerkung: "wurde nicht weiter untersucht", beiseite gelegt würden⁸⁷. Dabei betont **Groth** vor allem, daß die Kristallisierbarkeit eine allgemeine Eigenschaft aller Körper ist, d. h. es sei "mit Bestimmtheit" anzunehmen, "dass jeder Körper die Fähigkeit besitzt, bestimmte Krystallformen anzunehmen, wenn wir auch bei vielen derselben bisher noch nicht die dazu nöthigen Umstände, als Temperatur, Druck u. s. w. herzustellen im Stande sind"⁸⁸.

Wolle man nun eine besondere Wissenschaft angeben, welche die gesamte Kenntniss der (physikalischen) Eigenschaften der Körper enthalten solle, so deute schon die grundlegende Bedeutung, welche hierbei der Kristallform zukomme, an, daß dies nur die "Mineralogie" sein könne. Verbunden nun mit der Chemie im oben angeführten eingeschränkten Sinne bilde die Mineralogie "ein zusammengehöriges Ganzes", welches demnach als "Chemie im weiteren Sinne" zu bezeichnen wäre⁸⁹.

Der zweite Grundgedanke, welcher - neben der Verbindung von Mineralogie und Chemie - **Groths** Konzeption der Chemischen Kristallographie bestimmte, ist die Bedeutung der künstlichen Verbindungen für die neue Mineralogie. Früher habe man diese in einem sehr beschränkten Sinne gefaßt als

"die Kenntniss derjenigen chemischen Verbindungen, welche in dem kleinen Stück der Erdrinde, welches wir von der Oberfläche bis zu einer geringen Tiefe, und sehr mangelhaft kennen, zufällig der chemischen Zersetzung durch die kräftigen Agentien: Zeit, Wasser und Kohlensäure, entgangen sind, und die sich ausserdem in solchen Quantitäten gefunden haben, dass wir sie als mineralogische Handstücke in unseren Sammlungen niederlegen können"⁹⁰.

Daß dies letztlich eine sehr "lückenhafte" Reihe der chemischen Verbindungen darstellte, verstehe sich von selbst, und

87. Vgl. Groth (1871), S. 225f.

88. Vgl. Groth (1871), S. 226.

89. Vgl. ebd.

90. Groth (1871), S. 226.

ebenso, daß "ihre Lücken nur ausgefüllt werden können durch die im Laboratorium erfolgte Darstellung der verbindenden Zwischenglieder, welche die Natur uns nicht, oder nur in kleinen, den anderen zugemischten Quantitäten, erhalten hat"⁹¹. In jener "künstlichen Abgrenzung" der Mineralogie - d. h. in deren Beschränkung auf die in der Natur vorkommenden Mineralien - sieht **Groth** auch die eigentliche Ursache dafür, daß die bisherigen Versuche, "die Mineralien, diese vereinzelt Glieder der grossen Reihe der chemischen Verbindungen" in ein (demjenigen der Pflanzen und Tiere vergleichbares) "natürliches System" zu bringen, bisher fruchtlos geblieben seien. Hatte man die "Charakteristik einer chemischen Verbindung" (weil sie eben bisher nur künstlich dargestellt worden war) noch an einem Tag aus dem Gebiet der Mineralogie verweisen müssen, so mußte man sie vielleicht schon am anderen Tag aufnehmen, weil "sie indess ein Beobachter irgendwo auf der Erde natürlich vorkommend gefunden hatte"⁹². Noch häufiger seien aber die Fälle, wo man eben nur mit Hilfe künstlich hergestellter Verbindungen die genauen und vollständigen Kennzeichen einer Substanz ermitteln könne. In jener alten Beschränkung der Mineralogie seien dieser oft nur "die unvollständig bekannten (Kennzeichen)" geblieben, wie sie der "natürlich vorkommende, unreine Körper" zeige, während "die vollständige Charakteristik des künstlich dargestellten in der Chemie" abzuhandeln war⁹³.

Groth war sich hierbei natürlich bewußt, daß er damit keine neue Forderung stellte. Die Beschränkung der Mineralogie auf natürliche Verbindungen werde heute doch nur noch von wenigen Mineralogen aufrechterhalten, während sich - spätestens seit **Eilhard Mitscherlich** (1794-1863) und **Gustav Rose** - die Untersuchung künstlicher Verbindungen zu einem wesentlichen Bestandteil der Mineralogie entwickelt habe⁹⁴. **Groths** Forderung

91. Vgl. Groth (1871), S. 226f.

92. Vgl. Groth (1871), S. 227.

93. Vgl. ebd.

94. Vgl. Groth (1871), S. 227. Groth nennt hier als weitere Mineralogen, die in dieser Hinsicht von Bedeutung sind: C. Rammelsberg, G. vom Rath, V. von Lang, Q. Sella, V. von Zepharovich, Ch. de Marignac und A. Des Cloizeaux. Mit am nachhaltigsten vertreten hat die Bedeutung der künstlichen Verbindungen für die Mineralogie auch F. S. Beudant. Er betonte 1820, daß man die künstlichen Salze nach Belieben zusammensetzen und zerlegen könne und diese so unentbehrlich seien für die Lösung aller der kristallographischen Fragen, welche die Mineralarten darbieten. Vgl. Beudant (1820), S. 333. Vgl. hierzu auch Arzruni (1893), S. 87.

12
12

nach Einbeziehung der künstlichen Mineralien in die Mineralogie ist also eher so zu verstehen, daß er eine im Grunde längst übliche Praxis programmatisch festschrieb⁹⁵.

Und eben diese Erweiterung der Mineralogie um die künstlichen Verbindungen sei es nun auch, welche für diese - im Gegensatz zur Mineralogie **A. G. Werner** (1749-1817) und **F. Mohs** (1773-1839) - die Bezeichnung "moderne Mineralogie" rechtfertigten. Als eine "moderne Mineralogie" in diesem Sinne, d. h. als "die gesammte Kenntniss der Eigenschaften der chemischen Verbindungen (und Elemente)", nehme sie dann auch "in rein wissenschaftlicher Bedeutung" einen ebenbürtigen Rang ein neben "ihrer, allerdings durch ihren eminenten Einfluss auf das Culturleben der Menschheit weit wichtigeren Schwesterwissenschaft, der Chemie"⁹⁶.

Den Rang einer "exakten Naturwissenschaft" erhalte die Mineralogie weiter dadurch, daß sie (ebenso wie die Chemie) einen theoretischen Teil besitzt, der sich - entsprechend der theoretischen Chemie, welche die allgemeinen Gesetze enthalte, nach denen die stofflichen Veränderungen der Materie vor sich gehen - mit den Gesetzen beschäftige, welche die verschiedenen physikalischen Eigenschaften der Körper miteinander sowie mit den chemischen Eigenschaften verknüpften. Auch diese 'theoretische' bzw. 'moderne' Mineralogie sei wiederum nur möglich durch deren Ausdehnung auf die künstlichen Verbindungen, da zum einen "die natürlichen nur durch die künstlichen completirt werden", vor allem aber, da sich für viele der kristallographischen Gesetze

95. Und dies hat er dann ganz explizit vor allem auch im Programm der ZfK getan. Vgl. hierzu Kap. B. 1. 3. 1.

96. Vgl. Groth (1871), S. 227f. Die zunächst kaum auffallende Tatsache, daß Groth hier explizit von einer "modernen" Mineralogie sprach, war ein nicht unwesentlicher Grund, die 'Moderne' zum Leitfaden der vorliegenden Schrift zu machen. Er gab damit nämlich ein Beispiel für die historische Beobachtung, daß gerade im hier untersuchten Zeitraum der Geschichte der Geowissenschaften (also etwa ab den 60-er Jahren des 19. Jahrhunderts) die Geowissenschaftler selbst zunehmend die neue(n) Konzeption(en) ihrer Wissenschaft(en) als "modern" gegenüber denjenigen ihrer Vorgänger abgrenzten. Noch etwas zögerlich geschah dies hier bei Groth. Schon sehr viel selbstverständlicher sprach 1904 F. Zirkel von einer "modernen Petrographie", dem "modernen Aufschwung der Petrographie" oder auch einer "modernen Geographie" im Hinblick auf die zeitgenössischen Formen dieser Wissenschaften. Vgl. Zirkel (1904), S. 500 & 486. Und gewissermaßen keiner weiteren Begründung bedurfte es mehr, wenn V. M. Goldschmidt nur wenige Jahre später von einer "modernen Geochemie" spricht. Vgl. etwa V. M. Goldschmidt (1934), passim.

nur unter den letzteren, welche "ja selbstverständlich an Zahl die natürlichen weit übertreffen", Beispiele finden ließen. Und vor allem könnte man nur bei diesen den "Einfluss der verschiedenen Umstände auf ihre Bildung studieren", da man bei ihnen die Bedingungen, unter denen sie sich bilden, also Temperatur, Konzentration der Lösung usw. "willkürlich ändern" könne⁹⁷.

Die Aufgabe des theoretischen Teils der Mineralogie sei somit eine doppelte: zum einen die "Erforschung der Gesetze, welche den Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution und der Krystallform regeln", zum anderen die Frage des "Zusammenhanges zwischen Krystallform und den physikalischen Eigenschaften"⁹⁸. Während nun letztere zumindest schon in wesentlichen Teilen gelöst sei - **Groth** verweist hier insbesondere auf **A.-J. Fresnel** (1788-1827)⁹⁹ -, seien wir von der Lösung der ersten Aufgabe "noch weit entfernt". Alles, was man bisher über den Zusammenhang von chemischer Konstitution und Kristallform zu sagen wisse bzw. seit der Entdeckung der Isomorphie durch **E. Mitscherlich** an Erkenntnissen gewonnen habe, dürfte zu einem möglichen "obersten Grundgesetz" - welches bestimmen würde, "in welcher Weise die Krystallform einer Verbindung von ihrer chemischen Natur" abhängt und so das "Endziel der Forschung" in jenem ersten Teil der theoretischen Mineralogie darstelle - sich höchstens so verhalten, "wie die **Kepler**'schen Gesetze zu den **Newton**'schen"¹⁰⁰.

Dieses Programm nun verstand **Groth** in erster Linie als eine Fortsetzung der von **Mitscherlich** und seinem Lehrer **G. Rose** begonnenen Arbeiten zum Isomorphismus¹⁰¹. Bezüglich der genaueren Bestimmung des Isomorphismus bzw. der weiteren Entwicklung der chemischen Kristallographie nach **Mitscherlich**, ging **Groth** zunächst auf die Fähigkeit der isomorphen Körper ein, "in beliebigen relativen Mengen zusammen zu kristallisieren" bzw. "Krystallindividuen" zu bilden, "welche die Form der einzelnen

97. Vgl. Groth (1871), S. 228.

98. Vgl. Groth (1871), S. 228 & 243.

99. Gemeint ist dessen Entdeckung der zirkulären und elliptischen Polarisation des Lichtes bzw. seine theoretische Erklärung der Drehung der Polarisationssebene bei Doppelbrechung. Vgl. auch Groth (1926), S. 94.

100. Vgl. Groth (1871), S. 243.

101. An anderer Stelle hat er Mitscherlich auch explizit als "Schöpfer der chemischen Krystallographie" bezeichnet. Vgl. Groth (1928), S. 2. Vgl. auch Groth (1926), S. 126-30.

sie componirenden Substanzen haben", dabei dann aber eben "nicht als mechanische Mischungen derselben aufzufassen sind, sondern als chemische, d. h. solche, welche innerhalb der Krystallmolecule vor sich gehen"¹⁰². Diese Fähigkeit der isomorphen Substanzen, isomorphe Mischungen zu bilden, sei nun vor allem deshalb von Bedeutung, weil mit der Zunahme der Genauigkeit der Meßmethoden bzw. der Instrumente festgestellt worden sei, daß die Kristallwinkel isomorpher Körper niemals völlig gleich, sondern nur "sehr ähnlich" seien:

"Das Gesetz der Isomorphie ist, wie etwa das Mariotte'sche in der Physik, nur ein annäherndes, da sich bei unzweifelhaft isomorphen Stoffen Differenzen in den Kantenwinkeln bis zu mehreren Graden finden"¹⁰³.

Deshalb also sei es auch nicht selten, daß zwei Verbindungen nur "zufällig sehr ähnliche Verhältnisse ihrer Krystallformen zeigen, ohne dass sie chemisch in irgend einem Zusammenhang" stünden, eine Erscheinung, welche man auch "ganz überflüssiger Weise" als "geometrischen Isomorphismus" bezeichnet habe. Wichtig für die Unterscheidung solcher "zufälliger Ähnlichkeit von wirklichem Isomorphismus" seien etwa die Übereinstimmung im Habitus, in der Kristallform, in der Spaltbarkeit u. a. physikalischen Kennzeichen. Entscheidend sei aber letztlich allein die Fähigkeit der jeweiligen Körper, zu isomorphen Mischungen in beliebigen Verhältnissen zu kristallisieren:

"Hält man diese Unterscheidung fest, so ist es leicht, gesetzmässige von zufälliger Ähnlichkeit der Form zu trennen, und alsdann zeigt sich, dass der Gleichheit der Krystallform stets die Analogie der chemischen Constitution entspricht, beide also in einem Causalnexus stehen müssen"¹⁰⁴.

Wenn nun so auch innerhalb des Rahmens des Isomorphismus doch ein gewisser Spielraum gegeben sei, insofern als es "streng isomorphe Verbindungen gibt, welche nur sehr ähnliche, aber nicht völlig gleiche Constitution haben", also "eigentliche Isomorphie" auch bei einer "gewissen Verschiedenheit der chemischen Constitution stattfinden kann"¹⁰⁵, so sei es doch in keinem Fall erlaubt, den Begriff der Isomorphie auszudehen auf Ähnlichkeiten

102. Solche "isomorphen Mischungen" wären letztlich auch unter den in der Natur vorkommenden chemischen Verbindungen häufiger als reine einfache Verbindungen. Vgl. Groth (1871), S. 230f.

103. Groth (1871), S. 231.

104. Groth (1871), S. 232.

105. Vgl. Groth (1871), S. 232. Ein Beispiel hierfür wären etwa die beiden Salze $KClO_4$ und $KMnO_4$; anstelle des einwertigen Cl-Atoms befinde sich in der anderen Verbindung ein vier- bzw. zweiwertiges Element, das Mangan.

der Kristallwinkel (verbunden mit gewissen Ähnlichkeiten in der chemischen Konstitution) bei Stoffen, die verschiedenen Kristallsystemen angehörten.

Trotzdem gäbe es nach wie vor eine Reihe von Problemen, bei welchen diese Bedingungen nicht erfüllt zu sein scheinen. Bekanntestes Beispiel hierfür sind die beiden Feldspatarten Orthoklas und Albit. Sie gehören dem monoklinen bzw. dem triklinen System an und dürften damit nicht als isomorphe Mineralien gelten. Auf der anderen Seite hätten sie eine ganz gleiche chemische Formel (nur mit dem Unterschied, daß in dem einen Na im Gegensatz zu K im anderen auftritt) und kämen in der Natur auch niemals völlig rein vor. Beide enthielten vielmehr immer einen Anteil des jeweils anderen Minerals, lägen also "unzweifelhaft in isomorpher Mischung" vor¹⁰⁶.

Noch häufiger seien Fälle von Substanzen, welche chemische Analogien zeigten, wobei ihre Kristallformen aber nicht in allen Zonen, sondern nur in gewissen Richtungen übereinstimmten (und auch das Kristallsystem ein verschiedenes bliebe). Insbesondere **A. Laurent** (1807-1853) habe für diese Erscheinung, welche er "Isomorphie in verschiedenen Systemen nannte" ("isomorphisme[!] entre les divers systèmes"), eine Reihe von Beispielen beigebracht¹⁰⁷. Daß aber eben der Gebrauch des Begriffes Isomorphismus im strengen Sinne hier "unstatthaft" sei, dies ergebe sich "aus der, durch die Natur der Kristalle bedingten, vollkommen scharfen Trennung der sogenannten Symmetriesysteme"¹⁰⁸. Dies sei zum einen dadurch belegt, daß es eben nur sechs¹⁰⁹ mögliche Arten einer symmetrischen Anordnung von "materiellen Punkten" im Raum gebe (dies sei durch "unwiderlegliche Annahmen nachgewiesen"), zum anderen aber vor allem durch die Kristallphysik:

"Wenn manchmal noch heute von Übergängen des einen Krystallsystems in das andere, von Grenzformen u. s. w. gesprochen wird, so beruht diess einfach auf Unkenntniss der Elemente der Krystallphysik"¹¹⁰.

106. Vgl. Groth (1871), S. 233.

107. Vgl. Laurent (1848), S. 134. Vgl. auch Laurent (1845; 1842). Vgl. hierzu dann auch Schütt (1984), S. 202-4; Mauskopf (1976), S. 45-51.

108. Vgl. Groth (1871), S. 233.

109. Gemeint sind das triklone, monokline, (ortho)rhombische, tetragonale, hexagonale und kubische Kristallsystem. Heute werden bekanntlich sieben Kristallsysteme unterschieden, indem das trigonale System als ein selbständiges vom hexagonalen getrennt wird.

110. Groth (1871), S. 234.

Andererseits sei es nun aber auch durchaus richtig, daß die Winkeländerung an Kristallen - trotz der Verschiedenheit des Systems - oft einen mit der chemischen Zusammensetzung in Beziehung stehenden Grund hat, was eben in erster Linie die Arbeiten von **Laurent** gezeigt hätten. Allerdings hätten gerade dessen Arbeiten den Anlaß für eine Reihe von Versuchen gegeben, das "Gesetz der Isomorphie" auf alle die Fälle auszudehnen, wo es nicht mehr anwendbar sei. Und im Anschluß daran hätte sich schließlich eine ganze Literatur entwickelt, in welcher es eine Reihe von "mehr phantasie- als geistvollen" Gelehrten unternommen hätte, "die Krystallform der Körper aus ihrer chemischen Zusammensetzung zu berechnen"¹¹¹.

Als Beispiele hierfür galten **Groth** etwa **G. Delafosses** Hypothese von der Abhängigkeit der Kristallform "von der Zahl der Atome, welche die äußere Hülle des Moleculs bilden", oder die Arbeiten von **J. Nicklès** (1820-1869), Professor für Chemie in Nancy, der - im direkten Anschluß an **Laurent** - nachzuweisen versuchte, daß Körper, welche chemisch zu einander in der verschiedenartigsten Weise in Beziehung stehen, auch kristallographische Ähnlichkeiten darböten¹¹²: Mit einer solchen Methode, mit der im Grunde zwischen allen Verbindungen Ähnlichkeiten festgestellt werden könnten, dürfte es dann kaum noch "schwer fallen ..., überhaupt keine [kristallographischen Ähnlichkeiten; B. F.] zwischen zwei verschiedenen, einigermaßen flächenreichen Krystallen zu finden"¹¹³. Ihren Gipfelpunkt aber hätten diese Bemühungen in den Arbeiten von **M. A. Gaudin** (1804-1880) erreicht, welcher in den 40-er Jahren der Pariser Akademie seine Untersuchungen "über die geheimsten Ursachen der Krystallformen" vorgelegt habe, die nun aber nach **Groths** Auffassung niemand dienten, "als dem Verfasser derselben, zum Beweis, daß es ihm gelungen sei, aus der Formel einer chemischen Verbindung ihre Krystallform a priori abzuleiten"¹¹⁴.

111. Vgl. Groth (1871), S. 234.

112. Vgl. Groth (1871), S. 235. Die Arbeiten, auf die Groth sich hier bezog, sind Delafosse (1848; 1852) und Nicklès (1848; 1849). Bei den genannten Arbeiten Nicklès' handelt es sich um Untersuchungen an Methyl- und Aethylaethern bzw. an Aminen und deren Salzen. Zur zeitgenössischen Kritik an Nicklès' Arbeiten vgl. auch Arzruni (1893), S. 222f. Zu Delafosse vgl. etwa Schütt (1984), S. 204-7.

113. Vgl. Groth (1871), S. 235.

114. Vgl. Groth (1871), S. 236. Eine erste Arbeit hierzu hatte Gaudin (1833) vorgelegt; zusammenfassend dargestellt finden sich seine Untersuchungen in Gaudin (1873). Vgl. hierzu wiederum Schütt (1984), S. 200.

Während so die Anhänger dieser Richtung sich in "unfruchtbaren Speculationen" verloren hätten, sei von anderen Kristallographen - "namentlich in Deutschland" - der einzig richtige ('empirische') Weg zur Lösung des Problems des Zusammenhangs von Kristallform und chemischer Konstitution eingeschlagen worden: Es seien so "zahlreiche Detailbestimmungen an Körpern, deren chemische Natur bekannt war, angestellt, und so die Zahl der Thatsachen vermehrt" worden, welche "allein zur Grundlage der theoretischen Forschung dienen können"¹¹⁵. Und auch die Chemiker hätten in den letzten Jahrzehnten verstärkt Interesse an der Kristallographie gezeigt. Als Ergebnis dieser Untersuchungen habe sich die Zahl der ihrer Kristallform nach bekannten chemischen Verbindungen in den letzten 12-15 Jahren mindestens verdoppelt, womit "diejenige Periode, in welcher man zu allgemeinen Gesetzen über den Zusammenhang zwischen Krystallform und chemischer Konstitution gelangen wird, um ein Beträchtliches näher gerückt sein dürfte"¹¹⁶.

Ein erster wesentlicher Schritt in diese Richtung war für **Groth** nun vor allem der von **H. Kopp** erbrachte Nachweis, daß die Atomvolumina (d. h. die Quotienten der Atomgewichte durch die spezifischen Gewichte) der isomorphen Verbindungen "gleich oder nahezu gleich sind" (und daß bei einigen Gruppen dieselben Zahlen umsomehr übereinstimmen, je kleiner die Differenzen zwischen den entsprechenden Winkeln der Kristalle sind)¹¹⁷. **Kopp** hatte in diesem Zusammenhang vor allem auch deutlich zu machen versucht, daß der Isomorphismus nicht als etwas "Absolutes" verstanden

115. Vgl. Groth (1871), S. 236f. Angesichts der Tatsache, daß Groth sich 1870, im Jahr des Beginns des Deutsch-Französischen Krieges, habilitiert hat, mag es auffallen, daß Groth hier jene spekulativen Überlegungen ausschließlich bei französischen Forschern sieht, welchen er gewissermaßen einen 'empirischen' - deutschen - Ansatz entgegenstellt (vgl. hierzu Kap. B. 1. 2.).

116. Vgl. Groth (1871), S. 237.

117. Vgl. Kopp (1841b), S. 447. Vgl. auch Groth (1871), S. 237. Kopp hat später, statt von dem Atomvolumen, von dem "specifischem Volum" gesprochen, welches er als den Quotienten von "Atomgewicht" und "Dichtigkeit" bestimmte; darunter verstand er dann die "relativen Volumen, welche solche Gewichtsmengen verschiedener Körper einnehmen, die im Verhältnis der Atomgewichte dieser Körper stehen". Bezogen auf die "atomistische Theorie" sei dieses "specifische Volum eines Körpers" zu definieren als "das relative Volum Eines Atoms desselben samt der es umgebenden Wärmesphäre". Vgl. Kopp (1844), S. 71. Zu Kopp's "Volumtheorie" vgl. auch Kopp (1841a).

werden dürfe, d. h. man könne sogar sagen, "zwei Körper sind untereinander isomorpher als zwei andere"¹¹⁸.

Diese Arbeit war Teil der von **Kopp** seit dem Beginn der 40-er Jahre durchgeführten umfangreichen Untersuchungen über die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften chemischer Verbindungen von ihrer stöchiometrischen Zusammensetzung - über die, wie er es nannte, "Stöchiometrie der physikalischen Eigenschaften". Seit 1841 hatte er sich mit der Abhängigkeit des spezifischen Volumens (konkret zunächst: des Siedepunktes) von der chemischen Zusammensetzung bei organischen Verbindungen beschäftigt. Und dabei habe er, wie er berichtete, schon 1844,

"noch ehe der Begriff der Reihen homologer Körper durch Gerhardt aufgestellt worden war, dargethan, daß ganze Reihen von analogen Substanzen, deren Formen um C_2H_2 oder ein Vielfaches davon verschieden sind, Siedepunkte zeigen, welche unter sich mindestens nahezu um 19° oder ein Vielfaches davon differiren, so daß bei diesen analogen Substanzen der Zusammensetzungsdifferenz $x C_2H_2$ die Siedepunktsdifferenz $x \cdot 19^\circ$ entspricht"¹¹⁹.

Gleichzeitig habe er gezeigt (was er auch schon 1841 wahrscheinlich gemacht habe), daß "isomere Flüssigkeiten" bei ihren Siedepunkten "gleiches spec.[ifisches] Volum (und somit auch gleiches spec.[ifisches] Gewicht)" hätten¹²⁰. Später untersuchte **Kopp** dann vor allem die regelmäßigen Veränderungen des spezifischen Volumens analoger Verbindungen bzw. homologer Reihen proportional zur Veränderung der chemischen Zusammensetzung. Und dabei stellte er etwa mit Bezug auf Verbindungen der Form $x C_2H_2$ fest, "daß bei ihnen der Zusammensetzungsdifferenz C_2H_2 im Wesentlichen dieselbe Differenz des spec.[ifischen] Volumens entspricht"¹²¹.

Diese Arbeiten **Kopps** sind für **Groths** Chemische Kristallographie und speziell seinen Begriff der *Morphotropie*

118. Vgl. Kopp (1841b), S. 447. Kopp wollte hier vor allem zeigen, daß aus dem "Isomorphismus analoger Verbindungen" nicht ohne weiteres auf den "Isomorphismus der entsprechenden Bestandtheile" geschlossen werden könne. Das heißt, vereinfacht ausgedrückt, Elemente sind nicht 'an sich' isomorph, sondern die Isomorphie bestimmt sich primär aus der Beziehung, in der die Elemente in bestimmten Verbindungen stehen. Vgl. hierzu auch Groth (1926), S. 132.

119. Kopp (1855), S. 2f.; vgl. auch ebd. S. 32-4. Vgl. ferner Kopp (1844), S. 75-7.

120. Vgl. Kopp (1855), S. 154; vgl. auch ebd. S. 171.

121. Vgl. Kopp (1855), S. 170. Zu den Arbeiten Kopps und deren Bedeutung für die weitere Entwicklung der Chemischen Kristallographie bis Ende des 19. Jahrhunderts vgl. vor allem Arzruni (1893), S. 120-31; vgl. auch Muthmann (1894), S. 497-513.

weiter insofern grundlegend geworden, als **Kopp** das Problem des Zusammenhangs zwischen chemischer Konstitution und physikalischen Eigenschaften primär von Seiten der organischen (und eben nicht der anorganischen) Chemie anging. Gerade die organische Chemie, so wieder **Groth**, habe in den letzten Jahrzehnten sehr große Fortschritte gemacht (insbesondere hinsichtlich der Zusammensetzung der Kohlenstoffverbindungen bzw. der aus solchen Verbindungen aufgebauten Stoffe), und so sei auch den Kristallographen die Einsicht nicht ganz fern geblieben, daß vielleicht gerade die organischen Verbindungen eine tiefer gehendere Einsicht in den Zusammenhang von Kristallform und chemischer Zusammensetzung liefern könnten¹²².

so habe man im Bereich der organischen Chemie etwa Substanzen verglichen, welche im Verhältnis der "Isomerie" standen (welche sich also bei gleicher Zusammensetzung nur durch die "intramolekulare Anordnung" der Atome unterschieden), oder die Glieder homologer Reihen, welche fortlaufend um CH₂ verschieden sind. Und dabei hätten sich auch zuweilen sehr ähnliche Kristallformen gezeigt, häufig aber auch ganz unterschiedliche, so daß die Lehre vom Isomorphismus hier letztlich nicht zur Anwendung kommen konnte. (Den Grund hierfür vermutete **Groth** darin, daß die in den organischen Verbindungen enthaltenen Atomgruppen gar nicht in einem ähnlichen Verhältnis zu einander stünden, wie etwa die gleichartigen Metalle in isomorphen Salzen)¹²³.

Er selbst habe deshalb hier einen anderen Weg eingeschlagen. Es sei bekannt, daß der Wasserstoff in einer organischen Verbindung durch gleichwertige Atome oder Atomgruppen substituiert werden könne, wobei die neu entstehenden Körper (Abkömmlinge, Derivate oder Substitutionsproducte genannt) noch gewisse allgemeinere Eigenschaften des ersteren Stoffes bewahren.

122. Vgl. Groth (1871), S. 238. Zumindest angemerkt sei an dieser Stelle, daß **Groth** natürlich nicht der einzige war, der in der neuen organischen Chemie, insbesondere der Chemie der Kohlenstoffe, ein Vorbild für die Mineralchemie gesehen hat. So hat etwa 1874 der Münchner Mineraloge K. Haushofer, mit Bezug auf die Chemie der Kohlenstoffe, einen frühen Versuch unternommen, für die natürlichen Silikate chemische "Constitutionsformeln" aufzustellen. Die eigentliche empirische Grundlage hierfür waren ihm dann allerdings - im Anschluß an C. G. Bischof und G. Tschermak - vor allem die natürlichen Bildungs- und Umbildungsprozesse sowie die Pseudomorphosen der Silikate. Vgl. Haushofer (1874), S. 1-4.

123. Vgl. Groth (1871), S. 238.

Statt nach "isomorphen Körpern" zu suchen, schien es ihm nun aussichtsreicher, die "Verschiedenheit derartig chemisch verwandter Substanzen zu studieren", die Frage also in folgender Weise zu stellen:

"Es sei die Krystallform einer chemischen Verbindung, von welcher sich zahlreiche Derivate ableiten, als gegebene Thatsache vorliegend (wobei der Versuch, diese selbst aus der chemischen Constitution herzuleiten, beim gegenwärtigen Stand der Wissenschaft als ein durchaus verfrühter bezeichnet werden muss); - welche Änderung erfährt diese gegebene Krystallform nun durch den Eintritt eines bestimmten, Wasserstoff substituierenden Atoms oder einer Atomgruppe?"¹²⁴

Groth hat nun bei der Untersuchung einer Reihe von Derivaten des Benzols festgestellt, "dass es gewisse Atome und Atomgruppen gibt, welche, für Wasserstoff in das Benzol und dessen Abkömmlinge eintretend, die Krystallform desselben nur in

124. Groth (1871), S. 239. Vgl. auch Groth (1870a), S. 32. In seinen Lebenserinnerungen beschreibt Groth seinen ursprünglichen Gedankengang. Schon Mitscherlich habe, wie er von Rose wußte, versucht, das von ihm aufgestellte Gesetz der Isomorphie auch für isomere Körper nachzuweisen; da ihm dies wohl nicht gelungen sei, habe er darüber nichts veröffentlicht, und auch in seinen nachgelassenen Notizbüchern, welche Groth von der Akademie der Wissenschaften durch Vermittlung Roses zugänglich gemacht worden waren, sei keine diesbezügliche Angabe zu finden gewesen. Für die Erforschung dieses Problems schienen Groth nun die aromatischen Verbindungen besonders geeignet "wegen ihrer meist ausgezeichneten Krystallisationsfähigkeit und weil hier durch die Kekulé'sche Benzoltheorie die Kenntnis solcher Isomeriefälle geboten wurde, welche besonders günstig für die Lösung der vorliegenden Frage schienen". Zwar sei die Zahl der entsprechenden, bereits kristallographisch untersuchten Substanzen bisher gering, "aber diese zeigten in keinem Falle eine solche Übereinstimmung ihrer Krystallform, als dass man sie für isomorph hätte erklären können. Bei der Vergleichung verschiedener Benzolderivate zeigte sich aber mehrfach, dass von den kristallographischen Axenwerten das Verhältnis zweier nahezu unverändert blieb, wenn ein weiteres Wasserstoffatom durch OH, NO₂, CH₃ oder durch ein Halogenatom substituiert wurde. Dies brachte mich auf die Idee, dass es für die Erforschung der Abhängigkeit der Krystallform von der chemischen Konstitution geeignet sei, die kristallographische Änderung zu studieren, welche die Substitution eines Wasserstoffatoms in einer aromatischen Verbindung hervorbringt und die in vielen Fällen nur in einer bestimmten Richtung stattzufinden schien". Eine solche Beziehung zeigte sich nun auch "bei der Vergleichung der Krystallform einer Säure mit der ihrer Alkalisalze und zwar nicht nur im Falle organischer, sondern auch anorganischer Säuren", und daraus habe zumindest "mit einiger Wahrscheinlichkeit" geschlossen werden können, "dass Art und Grösse der Änderung abhängen müsse nicht nur von der Natur der in das Molekül eintretenden Atomgruppe, sondern auch von der Beschaffenheit des der Substitution unterworfenen Körper und dem Orte, in dessen Molekül, an welchem die Substitution stattfand". Vgl. Groth (GLE), S. 71f.

mässiger Weise alterieren" (analog also den isomorphen Körpern), womit man in der Lage sei, die Form des neuen Körpers mit der des ursprünglichen zu vergleichen (eine solche Wirkung hätten etwa die Atomgruppen HO, das Hydroxyl, und NO₂, die Nitrogruppe)¹²⁵.

Wenngleich nun (wegen der Unvollständigkeit der untersuchten Reihen) hier auch keine "Zahlangesetze" dieser Beziehungen hätten formuliert werden können, so glaubte **Groth** sich doch berechtigt, die Erscheinung selbst - "als eine von der Isomorphie ihrem Wesen nach ganz verschiedene" - mit einem selbständigen Namen zu versehen, nämlich *Morphotropie* (von Morphos = Form und tropos = Wendung, Richtung). Diese bezeichnete also "die gesetzmässige Änderung einer Krystallform durch den, Wasserstoff substituierenden Eintritt eines Atoms oder Atomgruppe" in einer bestimmten Richtung¹²⁶. Dementsprechend wäre dann von der "morphotropischen Kraft eines Elementes oder einer Atomgruppe" (und zwar in Bezug auf die jeweilige Verbindung) zu sprechen, je nach dem Grad der Veränderung, welche durch bestimmte eintretende Elemente bzw. Atomgruppen hervorgebracht werde (im Hinblick auf **Groths** konkrete Untersuchungen wären demnach die morphotropische Kraft des Hydroxyls und der Nitrogruppe eine vergleichsweise geringe, die des Chlors oder der Gruppe CH₃ dagegen eine relativ starke)¹²⁷.

Es ließe sich dann auch "theoretisch leicht voraussehen", von welchen Faktoren der Betrag dieser morphotropischen Kraft abhängen müsse:

- 1.) Von den spezifischen Eigenschaften des substituierenden Atoms bzw. der Atomgruppe.
- 2.) Von der chemischen Natur der Verbindung, in welcher die Substitution vor sich geht. (Dies erkläre auch auf einfache Weise, warum - wie zuerst gesagt - homologe Körper bisweilen ähnliche, bisweilen aber verschiedene Krystallform hätten: weil eben die Gruppe CH₃ nicht die Krystallform jedes Körpers in gleicher Weise ändere.)
- 3.) Von dem Krystallsystem der zu verändernden Verbindung. (So sei es einsichtig, daß eine viel größere formverändernde

125. Vgl. Groth (1871), S. 239. Vgl. auch Groth (1870a), S. 32f. Daß er gerade die Benzolderivate zum Gegenstand seiner Untersuchung gemacht hat, begründete Groth später u. a. mit dem Aufschwung, welche die organische Chemie durch die Benzoltheorie F. A. Kekulé's genommen habe. Eine Mitursache hierfür mag allerdings gewesen sein, daß auch sein 'Vorbild' Mitscherlich in der organischen Chemie über das Benzol bzw. dessen Derivate gearbeitet hatte. Vgl. Mitscherlich (1833).

126. Vgl. Groth (1871), S. 240. Vgl. auch Groth (1870a), S. 39.

127. Groth (1871), S. 240. Vgl. auch Groth (1904) 29f. Zu Groths Konzept der Morphotropie vgl. ferner Tutton (1924), S. 78 & 80; Steinmetz/Weber (1938), S. 43-5.

Kraft erforderlich sei, um einen regulären Kristall zu verändern, als dies bei den anderen Systemen der Fall sei, weil bei jenem eine bloße Änderung der Winkel unmöglich ist, ohne nicht zugleich das System vollständig zu verändern.)

- 4.) Von der relativen Stellung der neu eintretenden Gruppe zu den anderen Atomen des Moleküls. (Dies sagte **Groth** in Beziehung auf die isomeren Körper, welche sich bekanntlich nur durch die Stellung der einzelnen Atome gegeneinander im Molekül unterscheiden. In diesem Sinne scheine der Eintritt einer neuen Gruppe für das eine oder andere H-Atom für die resultierende Kristallform nicht gleichgültig zu sein.)¹²⁸.

Als die Annahme einer ursächlichen und dabei vor allem auch meßbaren Abhängigkeit der Veränderung der Kristallform von der Veränderung der chemischen Zusammensetzung kann **Groths** Konzept der Morphotropie also, wie oben gesagt, als Versuch gesehen werden, den **Haüyschen** Relationssatz in gewissen Grenzen zu restaurieren. Diese Grenzen sind vor allem dadurch gezogen, daß **Groth** sich zwar von der Frage nach den Gesetzen der Morphotropie auch eine Antwort auf die der Isomorphie erhoffte - da eben auch bei isomorphen Substanzen immer geringe Differenzen der Winkel auftreten -, daß er Morphotropie und Isomorphie dabei aber ausdrücklich als verschiedene Phänomene verstanden wissen wollte¹²⁹. Auf der einen Seite hat **Groth** also der **Haüyschen** Frage nach dem ursächlichen Zusammenhang von Kristallform und chemischer Zusammensetzung eine neue methodische Grundlage gegeben, auf der anderen Seite wird aber gerade das Problem, welches dieser Frage am meisten Schwierigkeiten entgegengesetzte, zumindest vorläufig, ausgeklammert¹³⁰.

128. Vgl. Groth (1871), S. 240f. Vgl. auch Groth (1870a), S. 39f. Vgl. ferner Arzruni (1893), S. 226.

129. Groths Schüler Fock gibt also die Meinung seines Lehrers nicht unrichtig wieder, wenn er 1888 schrieb, daß das alte Haüysche Postulat, daß "jede Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung auch in der krystallographischen Form zum Ausdruck gelange" bzw. daß zwei verschiedene Substanzen nicht in der gleichen Form vorkämen, "noch heute im Großen und Ganzen die Grundlage der chemischen Krystallographie" bilde. Die Ausnahmen, welche in dieser Beziehung einige Körper zeigten, könnten "dem allgemeinen Gesetze keinen Abbruch thun"; sie fänden "ihre natürliche Erklärung in den nahen chemischen Beziehungen, welche solche Substanzen zu einander besitzen." Vgl. Fock (1888), S. 5.

130. Wenn hier jetzt Groths Morphotropie als (teilweise) Restauration des Haüyschen Relationssatzes bezeichnet wurde, so wird dabei nicht übersehen, daß dieser eigentlich nie wirklich aufgelöst war. Auch Mitscherlich hatte ja eine ursächliche Beziehung zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Kristallform angenommen, nur daß diese Beziehung der krystallographischen Form auf den chemischen Inhalt eben keine direkte ist, sondern vielmehr durch die chemische Konstitution, d. h. die Anordnung der Atome in der Verbindung, vermittelt wird. Vgl. hierzu Schütt (1977), S. 57. In diesem Sinne ist es dann

Mögliche Einwände gegen seine Untersuchungen bzw. sein Konzept der Morphotropie befürchtete **Groth** vor allem mit Blick auf das Phänomen des Dimorphismus bzw. des Heteromorphismus, d. h. der Eigenschaft mancher Körper, in zwei bzw. mehreren voneinander unabhängigen Kristallformen zu kristallisieren. Es könnte seinen Ergebnissen ja einfach entgegengehalten werden, daß im Falle der von ihm untersuchten Substanzen ein solcher Heteromorphismus vorliege (und eben keine reihenhafte, morphotropische Veränderung). Dagegen führte **Groth** an, daß - nach den bisher bekannten Beispielen zu schließen - der Dimorphismus "in ganz regelmäßiger Weise immer mehr abnimmt, je complicirter die Zusammensetzung der Körper wird." Bei den einfachen Elementen sei Dimorphismus relativ häufig (wie etwa bei dem von **Mitscherlich** untersuchten reinen Schwefel, welcher zwei verschiedene Kristallformen annehmen kann, je nachdem ob er aus einer Schmelze oder aus einer Lösung auskristallisierte). Weitaus seltener seien heteromorphe Körper schon bei den aus zwei Elementen zusammengesetzten Verbindungen und "einen verschwindend geringen Bruchtheil" nähmen sie unter den kristallographisch bekannten Verbindungen mit noch komplizierterer Zusammensetzung ein¹³¹.

Ein spezielles (ebenfalls mit dem Dimorphismus zusammenhängendes) mögliches Gegenargument ergab sich aus den Untersuchungen **Pasteurs**. Dieser habe 1848 festgestellt, daß die Kristallformen dimorpher Körper doch zumindest Winkelähnlichkeiten nach gewissen Richtungen zeigten, welche zum Teil sogar recht auffallend seien¹³². Allerdings habe er dabei doch kein allgemeines Gesetz feststellen können, und manche der von **Pasteur** beschriebenen Beziehungen schienen **Groth** überhaupt so

auch zu verstehen, wenn **Pasteurs** (gleich noch zu besprechende) Feststellung, daß auch dimorphe Körper letztlich nicht vollkommen verschiedene Kristallformen, sondern vielmehr durchaus Ähnlichkeiten in manchen Richtungen zeigten (vgl. Pasteur, 1848, S. 43f.), als ein Festhalten am Häüyschen Relationssatz interpretiert wird. Vgl. vor allem Schütt (1984), S. 211. Vgl. auch Bernal (1953), S. 183-202, hier vor allem S. 183. Vgl. ferner Burke (1966), S. 86.

131. Vgl. Groth (1871), S. 241.

132. "... il paraît nécessaire que non seulement certains angles soient peu différents les uns des autres, mais que les dimensions mêmes des molécules physiques soient sensiblement égales ou puissent être regardées comme telles." Pasteur (1848), S. 43.

allgemein zu sein, daß sie letztlich zwischen allen möglichen Kristallen gefunden werden könnten. Weiter habe **Pasteur** den Widerspruch, daß es auch dimorphe Körper gibt, welche in zwei, aufeinander nicht reduzierbaren Formenreihen desselben Systems kristallisieren, dadurch zu beseitigen versucht, daß er sie zu isomeren (und eben nicht dimorphen) Substanzen erklärte, wie er überhaupt die dimorphen Substanzen von vornherein als eine Art isomerer betrachtet habe (eine Auffassung, die nach **Groths** Ansicht auch nicht dann klarer wird, wenn die dimorphen Substanzen als solche verstanden würden, deren "Molecularrangement" nur wenig verschieden sei)¹³³.

Was **Groth** hier letztlich nicht akzeptieren konnte, war, daß **Pasteur** keine klare Trennung zwischen Isomerie und Dimorphismus vorgenommen, sondern diese als mehr oder weniger identische Erscheinungen angesehen habe, was allerdings insofern verständlich sei, als man bisher bei den organischen Verbindungen - außer der Verschiedenheit der Formen isomerer Körper - keine Dimorphien gekannt habe und deshalb geneigt gewesen sei, auch dimorphe anorganische Verbindungen als Analoga der isomeren aufzufassen. "Untersuchungen, welche indess noch nicht abgeschlossen sind", hätten nun allerdings das Auftreten von Dimorphie auch bei organischen Verbindungen gezeigt und erkennen lassen, daß von verschiedenen isomeren Stoffen - welche sich nur durch die "intramolekulare Lagerung derselben Atome und Atomgruppen unterscheiden; und welche stets auch verschiedene Krystallformen haben" - doch der eine davon für sich die Eigenschaft haben kann, dimorph zu sein. Hier könnte also offensichtlich die Erscheinung nicht von einer verschiedenen Lagerung der Atome im Molekül (also von der Isomerie) herrühren, sondern nur davon, daß chemisch identische Moleküle gegen einander mehrfache Lagerung annehmen könnten:

"Darnach dürfte man nun die letztere Eigenschaft Dimorphie nennen, und sie als Etwas von der Isomerie völlig verschiedenes auffassen, - und es würde dann erübrigen, zu bestimmen, welche von den unorganischen, sogenannten dimorphen

133. Vgl. Groth (1871), S. 241f. In diesem Sinne wäre dann doch Groth mit seiner Morphotropie der eigentliche 'Restaurator' des Häüyschen Relationssatzes. Ein 'Rekurs' auf die molekulare Beschaffenheit der Substanzen ist bei ihm - zumindest vorläufig - nicht erforderlich, d. h. maßgeblich sind - wie bei Häüy - zunächst nur die (meßbare) chemische Zusammensetzung bzw. die kristallographische Form.

Körpern dies wirklich sind, und welche von ihnen als isomer angesehen werden müssen"¹³⁴.

Bis hierher waren wir nun weitgehend **Groths** eigener Darstellung seines Programms der Chemischen Kristallographie bzw. seines Konzeptes der Morphotropie gefolgt, wie er es 1870 bzw. 1869 entwickelt hatte. Dessen konstitutive Elemente ließen sich (zum Teil jetzt auch schon im Vorgriff auf das Folgende formuliert) in etwa dahingehend zusammenfassen:

- a) Anwendung der Ergebnisse und Fragestellungen der organischen Chemie auf die anorganischen Naturprodukte
- b) Betonung der maßgeblichen Rolle künstlicher Verbindungen
- c) Neubestimmung der Frage nach dem Zusammenhang von chemischer Zusammensetzung und Kristallform im Sinne einer impliziten Wiederherstellung des **Haüy'schen** Relationssatzes
- d) Methodische Trennung zwischen der Frage nach der Kristallform und dem molekularen Bau der Körper
- e) Bewußte Betonung induktiver Methoden gegenüber jeglichen deduktiven Ansätzen
- f) Klares Eintreten für den Atomismus

Die weitere Entwicklung des Programms ist Gegenstand der folgenden Kapitel, wobei auch noch einige weitere - bei **Groth** selbst nicht direkt zum Ausdruck kommende - naturwissenschaftliche und sozialgeschichtliche Hintergründe seines Programms zu diskutieren sein werden. So war eben **Groths** Frage nach dem Zusammenhang von chemischer Zusammensetzung und Kristallform gewissermaßen die 'mineralogische Fassung' der Frage nach dem Zusammenhang von physikalischen Eigenschaften und stofflicher Beschaffenheit der Körper, wie sie seit den 20-er und 30-er Jahren des 19. Jahrhunderts mehr und mehr ins Blickfeld der Chemiker gerückt war¹³⁵, und zu **Groths** Zeit die eigentlich

134. Groth (1871), S. 242.

135. Aus geowissenschaftlicher Sicht wäre hier vor allem C. F. Schönbein (1799-1868) bzw. dessen berühmte Untersuchung "Über die Ursache der Farbenveränderung, welche manche Körper unter dem Einflusse der Wärme erleiden" zu nennen. In ihr findet sich - nach bisheriger Kenntnis - erstmals der Begriff "Geochemie", weswegen sie auch immer wieder im Zusammenhang mit der Frage nach den Anfängen dieser Wissenschaft genannt wird. Vgl. exemplarisch Mason/Moore (1985), S. 2. Der eigentliche Gegenstand dieser Abhandlung war die Frage nach dem Zusammenhang der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper. Zentral war hierbei für Schönbein der Begriff der "Isomerie", worunter er in einem umfassenden Sinn alle "versteckteren qualitativen Veränderungen" verstand, "welche zusammengesetzte Körper unter dem Einflusse der Imponderabilien, z. B. der Wärme und der Electricität, erleiden". Vgl. Schönbein (1838) 281 & 271 (Herv. B. F.). In diesem Sinne zeige etwa die Veränderung der Farbe die Bildung einer neuen Verbindung an, und der erhitzte und der kalte Körper stünden "zu einander in einem isomeren Verhältnis", d. h. - und hier bezieht er sich auf C. F. von Kiemeier (1765-1844) - "jede bestimmte Temperatur (habe) auch ihre eigene Chemie". Vgl. Schönbein

beherrschende geworden ist. Spezifisch an **Groths** Fassung dieser Frage war, wie gerade gesagt, daß er sie mit Bezug auf die Kristallform der Verbindungen, d. h. nicht - wie dies die Chemiker taten - mit Bezug auf die Form der Moleküle bzw. die Anordnung der Atome selbst gestellt hat.

Allerdings hatte gerade diese spezifische Beschränkung der allgemeinen Frage nach dem Zusammenhang von physikalischen Eigenschaften und stofflicher Beschaffenheit der Körper nicht zuletzt disziplingolitische Gründe: **Groth** wollte damit der Mineralogie ein spezifisches, modernes Forschungsfeld eröffnen, um so ihren Fortbestand als wissenschaftliche Disziplin in der Moderne zu sichern (vgl. Kap. B. 1. 2.). Ebenfalls zum Teil aus dem politischen und sozialgeschichtlichen Kontext zu erklären sind zwei weitere konstitutive Elemente der **Grothschen** Chemischen Kristallographie, nämlich deren betont empirischer Charakter und sein entschiedenes Eintreten für den Atomismus (vgl. Kap. B. 1. 1. 2. & B. 1. 2.).

Im Hinblick auf diese beiden letzteren Elemente der **Grothschen** Chemischen Kristallographie wäre weiter zu sehen, daß die Frage nach dem Zusammenhang von chemischen und physikalischen Eigenschaften der Körper ein Problem war, welches nicht zuletzt von 'dynamischer' bzw. naturphilosophischer Seite zu lösen versucht wurde. Zum Verständnis des **Grothschen** Programms und seiner Weiterentwicklung - und auch schon im Vorgriff auf die in Kap. B. 2. zu behandelnden 'alternativen Kulturen der Mineralogie' - ist deshalb zumindest ein kurzer Blick auf diese eher spekulativen Ansätze erforderlich.

Einer der unmittelbaren Ausgangspunkte des **Grothschen** Konzeptes der *Morphotropie* waren **H. Kopps** Arbeiten über die Abhängigkeit des Siedepunktes von der chemischen Zusammensetzung bei organischen Verbindungen gewesen. Diese hatten zugleich exemplarisch deutlich gemacht, welchen Weg die Chemie in der Mitte des 19. Jahrhunderts hinsichtlich der Frage nach dem Zusammenhang von chemischen und physikalischen Eigenschaften gegangen war: sie suchte (wie ja letztlich auch **Mitscherlich**)

(1838), S. 268-70. Vgl. hierzu auch B. Fritscher (1991a), S. 122-9. Speziell mit Blick auf Groth sei hier auch an E. Mitscherlich und dessen Arbeiten über den Einfluß der Temperatur auf die Kristallform zu erinnern. Vgl. etwa Mitscherlich (1825; 1827).

eine Lösung über die Bestimmung der Atomgewichte bzw. der Atomvolumina der Elemente. **Groths** Morphotropie unterschied sich dabei von **Kopps** "Stöchiometrie der physikalischen Eigenschaften" vor allem dadurch, daß er anstelle bestimmter physikalischer Eigenschaften die Kristallform - also gewissermaßen die 'Summe' bzw. den 'phänomenologischen Ausdruck' der physikalischen Eigenschaften - setzte. Auch für **Groth** war das eigentliche Ziel die Ableitung der Kristallform einer Verbindung aus ihrer chemischen Natur und Konstitution. Aber er beschränkte sich eben letztlich auf die Beschreibung dieses Zusammenhanges, da ihm eine wirkliche Lösung der Aufgabe für die nächste Zeit nicht 'realistisch' schien¹³⁶. Allerdings lagen eben zu seiner Zeit durchaus schon einige Versuche in dieser Richtung vor, anknüpfend vor allem an den eben angedeuteten Weg der Chemiker.

Ein Beispiel hierfür wäre etwa der bereits von **Groth** selbst genannte **Delafosse** (s. o.). Der aber wohl ausführlichste Versuch stammt von dem Wiener Mineralogen **A. Schrauf** (1837-1897), der später auch, und zwar von Beginn an, einer der eifrigsten Mitarbeiter der ZfK war¹³⁷. Dieser habe es, wie später auch **Groths** Schüler **A. Fock** schrieb, schon im Jahre 1866 unternommen, im Zusammenhang mit seinen 1860 begonnenen Untersuchungen über die Beziehungen von "Licht und Materie", die "Krystallformen einiger binärer unorganischer Körper im voraus zu berechnen"¹³⁸.

Grundlegend hierfür war **Schraufs** Begriff der *optischen Atomzahl*, welcher gewissermaßen als Analogon zu **Kopps** Begriff des spezifischen Volumens zu verstehen ist. Seine allgemeinen Überlegungen zum Zusammenhang von Licht und Materie hatten ihn zu einer allgemeinen Formel für die Fortpflanzung des Lichtes geführt, bei der der Brechungsexponent als eine Funktion der Masse, d. h. des Volumens und der Dichte dargestellt wird. Dementsprechend sollte sich das Brechungsvermögen proportional zum Volumen der Masseneinheit verhalten. Gewisse Schwierigkeiten, die sich hierbei hinsichtlich der gewöhnlichen Annahme, daß das Volumen eines gasförmigen Körpers wesentlich größer sei als das eines festen Körpers, ließen ihn nach einer anderen - mit den

136. Vgl. Fock (1888), S. 120.

137. Von Schrauf befinden sich 116 Briefe an Groth aus den Jahren 1866-1896 in dessen Nachlaß (BSB-Hs: Grothiana X/Schrauf), die allerdings bisher noch nicht vollständig ausgewertet werden konnten.

138. Vgl. Fock (1888), S. 120.

"Begriffen der Fortpflanzung des Lichtes" besser übereinstimmenden - Definition des Volumens fragen. Würde man die "Molecularconstitution" in Betracht ziehen, so könne man hierfür "die Gruppierung der Masse in wechselnd viele und grosse Molecüle" benutzen; ein dem Volumen gleichbedeutender Ausdruck wäre demnach die "Zahl und GröÙe der in der Masseneinheit vertretenen physikalischen Atome", und diese eben nannte er die *optische Atomzahl*. Damit gelangte **Schrauf** zu der 'gewünschten Beziehung', daß sich nämlich für zwei verschiedene Stoffe die Brechungsexponenten wie die Atomzahlen verhielten¹³⁹. Und diese Beziehung wiederum führte ihn nun "unmittelbar zu der Annahme",
"dass die Elemente sich von einander nur durch Grösse und Zahl der Atome der Einen einheitlichen Materie unterscheiden und aus letzterer durch Variation der Molecüle erzeugt werden"¹⁴⁰.

Schrauf gab hier also eine quantitative - d. h. eine von der 'Qualität' bzw. 'Natur' unabhängige - Bestimmung der (chemischen) Elemente: Die "Qualität der Materie" entstehe "nur durch Atomgruppierung aus der einheitlichen Masse". Daraus folge, daß "ähnliche Stoffe" auch einen "gesetzmässigen Gang ihrer Atomzahlen haben", d. h. diese müÙten "für ähnliche chemische Stoffe entweder gleiche oder multiple Reihen bilden"¹⁴¹. Eine dementsprechend vorgenommene Gruppierung der Elemente zeigte ihm, daß hier gerade diejenigen Elemente in gleichen Gruppen zu stehen kämen, welche isomorph kristallisierten. Und damit sei nun auch "eine Thatsache zur Erklärung des Homöomorphismus"¹⁴² gewonnen:

"Homöomorphismus und analoge Moleculargruppierung wird nämlich in jenen Fällen eintreten können, in welchen die optischen Atome der vicariirenden Bestandtheile in einfachem multiplem Verhältniss stehen"¹⁴³.

Diese Überlegungen gaben **Schrauf** also die Grundlage dafür, die Kristallform der Körper im voraus zu bestimmen. Wenn, wie gesagt, die Atomzahlen Zahl und GröÙe der im Element auftretenden Atome anzeigten, und man weiter bedenke, daß für die Lagerung der Atome im Molekül nur diejenige von drei vertikalen Achsen angenommen werden könne, so müÙte "das Verhältniss der Atomzahlen

139. Vgl. Schrauf (1867), S. 112-22, hier insbesondere S. 112 & 116.

140. Vgl. Schrauf (1867), S. 116 (Herv. orig.).

141. Vgl. Schrauf (1867), S. 242.

142. Der Begriff Homöomorphismus bedeutet wörtlich 'Gleichgestaltigkeit' und wurde mehr oder weniger synonym mit dem der Isomorphie verwendet.

143. Schrauf (1867), S. 244.

der auftretenden Elemente jenem der Krystallaxen entsprechen"¹⁴⁴. Dies führte **Schrauf** dann auch an einigen Beispielen aus, nämlich an Anatas (TiO_2), Zinnstein (Sn_2O_4), Quarz (Si_3O_6), Korund (Al_2O_3) und Valentinit (Sb_2O_3)¹⁴⁵.

Es bedarf keiner Erwähnung, daß diese Überlegungen **Schraufs** zu ihrer Zeit spekulativ bleiben mußten¹⁴⁶. Und es ist hier auch nicht maßgeblich, wie weit diese aus heutiger Sicht richtig sind. Bemerkenswert daran ist, daß hier ein Versuch unternommen wurde, die Kristallform allein auf die "Grösse der Atome" zurückzuführen¹⁴⁷, d. h. die 'chemische Qualität' bzw. die 'spezifische Natur' der Verbindung quantitativ zu erklären (vgl. hierzu auch Teil C.).

Ein zweites, ebenfalls von **Fock** genanntes Beispiel, den Zusammenhang von chemischer und physikalischer Beschaffenheit der Körper in einer - zumindest für ihre Zeit - eher spekulativen Art und Weise zu lösen, ist die 1867 erschienene *Atommechanik* des aus Lunden in Holstein stammenden amerikanischen Chemikers **G. D. Hinrichs** (1836-1923)¹⁴⁸. **Hinrichs** Schrift, die **Groth** zumindest später bekannt geworden ist¹⁴⁹, ist im wesentlichen eine

144. Vgl. Schrauf (1867), S. 244.

145. Vgl. Schrauf (1867), S. 245-7 (die Formeln sind diejenigen, welche Schrauf hier angab). Vgl. hierzu auch Schrauf (1866/68) II, S. 166.

146. Vgl. hierzu etwa Arzruni (1893), S. 68f. & 315-7.

147. Daß diese allein ausschlaggebend sei, sah Schrauf empirisch dadurch belegt, daß die beiden letzten von ihm genannten Beispiele (Korund und Valentinit) - trotz gleicher Anzahl von Atomen - unterschiedlichen Kristallsystemen (hexagonal bzw. prismatisch) angehörten. Vgl. Schrauf (1867), S. 246.

148. Die von Fock genannte Schrift ist G. D. Hinrichs: *Programme der Atom-Mechanik, oder, die Chemie eine Mechanik der Pan-Atome*. Iowa City/Iowa 1867. Vgl. Fock (1888), S. 120. Die Schrift lag mir allerdings bei Drucklegung nicht vor, so daß die Grundlage des Folgenden vor allem Hinrichs' zusammenfassende Darstellung seiner Arbeiten von 1894 ist. Hinrichs, der 1861 in die Vereinigten Staaten gegangen ist, war seit 1863 Professor für Physik und Chemie an der Staatsuniversität von Iowa, zwischenzeitlich (1866-68) dann auch Chemiker am "Geological Survey". 1889 wurde er Professor für Chemie am College of Pharmacy in St. Louis.

149. Brezina hatte Groth auf diese Arbeiten aufmerksam gemacht. Er stimme zwar mit Groth "puncto Hypothesen ganz ... überein", und er sei "in dieser Beziehung ausserordentlich vorsichtig geworden". Doch lasse sich nicht leugnen, "dass auf diesem Wege manches empirische Gesetz von Bedeutung gefunden wird, wie die ziemlich discreditierten Arbeiten Hinrich's lehren"; freilich müsse man hier dann auch "viel unbegründetes und unmögliches schlucken und verdauen ... muss, bevor man auf einen nahrhaften Bissen kommt". Brezina an Groth, 13.12.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 4).

ausführliche Auseinandersetzung mit dem Problem der Bestimmung der Atomgewichte der Elemente, wobei er sich vor allem in der Tradition von **Jean-Servais Stas** (1813-1891) sieht, "the greatest and most successful worker in the field of the determination of the atomic weights of the elements"¹⁵⁰. **Hinrichs'** Ziel war die Erstellung eines natürlichen Systems der chemischen Elemente, welches er erstmals in der Schrift von 1867 und dann vor allem 1894 im Zusammenhang dargestellt hat. Basierend vor allem auf dem Atomgewicht, ergänzt um die "atomic form and dimensions", entwickelte er ein System von Symbolen für die "genera" (z. B. "chloroids, sulphoids, phosphoids") bzw. die "species" der chemischen Elemente, welches eine symbolische Darstellung bestimmter 'natürlicher Gattungen' von chemischen Reaktionen bzw. ganzen Klassen von Verbindungen erlauben sollte (woraus dann eben gewissermaßen 'a priori' auf die Isomorphie der Elemente bzw. der Verbindungen geschlossen werden könnte)¹⁵¹. Seine Arbeiten reihten sich so ein in die Versuche des 19. Jahrhunderts, die chemischen Elemente nach Gruppen mit ähnlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften zusammenzufassen¹⁵².

Weder **Groth** noch **Fock** schließlich schien ein weiterer, sehr spezifischer Versuch bekannt gewesen zu sein, den Zusammenhang von chemischen und physikalischen Eigenschaften der Mineralien zu bestimmen, nämlich der des nordamerikanischen Chemikers und Mineralogen **Thomas Sterry Hunt** (1826-1892)¹⁵³. Dieser ist hier insofern von Interesse, als er weitgehend auf sehr ähnlichen Grundgedanken wie **Groths Morphotropie** basierte und dabei auch zu teilweise sehr ähnlichen Ergebnissen führte. Der wesentliche Unterschied zu **Groth** bestand darin, daß dieser eindeutig Atomist

150. Vgl. Hinrichs (1894), S. 28.

151. Vgl. vor allem Hinrichs (1894), S. 213-23, hier insbesondere S. 214-6. Zu Hinrichs' Nomenklatur vgl. auch J. D. Dana (1867c).

152. Letzteres gilt auch für einen ähnlichen (d. h. ebenfalls auf eine direkte Ableitung der Kristallform einer Verbindung aus der chemischen Zusammensetzung zielenden) Versuch, den 1867 J. D. Dana bezüglich der Silikate unternommen hat, auf den hier aber nicht näher eingegangen werden kann. Vgl. J. D. Dana (1867a), hier vor allem S. 252-63. Vgl. hierzu auch Fock (1888), S. 120.

153. Auch bei Arzruni (1893) findet sich kein Hinweis auf Hunt. Dies mag daran gelegen haben, daß (soweit bekannt) nur eine einzige von dessen Arbeiten auch in einer deutschen Zeitschrift erschienen ist. Vgl. Hunt (1853c).

war, während **Hunt** sich der dynamischen Theorie **Kants** anschloß¹⁵⁴. Seine Arbeiten stellen so gewissermaßen die 'dynamische Variante' der Morphotropie dar.

Seit Beginn des 19. Jahrhunderts - genauer gesagt: seit den Arbeiten von **C. S. Weiß** (1780-1856) ab 1804 - war ja die Mineralogie, zumindest im deutschsprachigen Raum, hinsichtlich der Frage nach den Ursachen der regelmäßigen Formen der Kristalle einen doppelten Weg gegangen, nämlich einen atomistischen und einen dynamischen. **C. G. Gmelin** (1792-1860) hat diesen doppelten Weg 1829 beschrieben:

"Die Ursache der Krystallisation ist vor allen Dingen in der Cohäsionskraft zu suchen. Da jedoch hierdurch allein die Bildung regelmäßig gestalteter fester Körper nicht erklärt werden kann, so hat man entweder der atomistischen Theorie gemäß eine bestimmte Form der Atome, die vielleicht noch mit Anziehungspolen und Abstoßungspolen versehen sind, zu Hülfe zu nehmen, oder, der dynamischen Theorie gemäß, eine nach gewissen Richtungen hin verschieden große Cohäsionskraft, wovon nicht bloß die Bildung regelmäßiger Körper, sondern auch ihre leichtere Spaltbarkeit nach gewissen Richtungen, nach denen die Cohäsion minder groß ist, abzuleiten seyn würde"¹⁵⁵.

Eine solche dynamische Theorie wurde vor allem von **C. S. Weiß** vertreten, der sich hierbei explizit an **Kant** anschloß¹⁵⁶. Für den atomistischen Weg, welchem sich dann auch **Groth** anschloß, stand vor allem **Mitscherlich**. Die Tatsache, daß

154. Auf diese naturphilosophischen Grundlagen der Arbeiten Hunts wird im Zusammenhang mit seiner chemischen Theorie der Erdentwicklung (für welche er heute eigentlich in erster Linie bekannt ist) noch näher eingegangen (vgl. Kap. B. 3. 2.). Hier genügt es zu wissen, daß für Hunt die chemische Verbindung nicht nur eine Aneinanderlagerung der Teile bzw. der sie zusammensetzenden Elemente darstellt, sondern einen spezifischen, individuellen Körper, "in which the so-called chemical elements have no actual existence". Vgl. Hunt (1853b), S. 439.

155. Gmelin (1829), S. 1360.

156. Zu verweisen ist hier auch auf J. F. C. Hessel (1796-1872), der ebenfalls 1829 sein "Gerengesetz" (= Gesetz von der Rationalität der Indizes) aus dem Verhältnis der im Kristall wirkenden Kräfte zu begründen suchte. Man könne sich vorstellen, so Hessel, "als sei das Wachsen und Entstehen der Krystalle abhängig von Kräften, deren Richtungen senkrecht sind auf die Krystallflächen, gleichviel, ob wirklich physische Kräfte in diesen Richtungen unmittelbar gewirkt haben oder in andern Richtungen, für welche eine solche als mittlere erscheint." Nach der "Lehre vom Parallelogramme der Kräfte" könne man diese Kräfte entsprechend zerlegen, und es sei anzunehmen, daß diese Kräfte in einem "gesetzmässigen Verhältnisse stehen". Vgl. Hessel (1829), S. 1276. Auf der dynamischen Materieauffassung basierten auch J. J. Bernhardtis (1774-1850) "Gedanken über Krystallogenie ..." (1809). Vgl. hierzu auch Mauskopf (1976), S. 57; Groth (1926), S. 65.

die "bei einer gewissen Temperatur erzeugten Krystalle bei einer veränderten Temperatur in ein Aggregat von Krystallen eines anderen Systems übergehen", hätten ihn zu dem Schluß geführt, "daß die Atome der festen Körper an einander verschiebbar sind, wenn gewisse Umstände eintreten, welche eine andere Anordnung derselben (eine andere Krystallform) nothwendig machen"¹⁵⁷.

Grundsätzlich stimmte **Hunt** zunächst mit **Groth** darin überein, daß der Gegenstand der Mineralogie nicht nur die natürlich vorkommenden Mineralien sein könnten, wobei er dies allerdings aus einem naturphilosophischen Blickwinkel begründete. Jede chemische Veränderung bedinge "disorganisation", und alle sogenannten "chemical species" seien deshalb anorganische, d. h. "unorganized". Damit gehörten sie alle im wörtlichen Sinne zur Mineralogie als der "natural history of all the forms of unorganized matter"¹⁵⁸. Konkret umfaßte die Mineralogie bei **Hunt** alle Verbindungen

"which are the products of the chemist's skill. It embraces not only the few native resins and hydrocarbons, but all bodies of the carbon series made known by the researches of modern chemistry"¹⁵⁹.

Hunts eigentliches Ziel war es, ein natürliches System der Mineralien zu schaffen¹⁶⁰. Der Zweck eines solchen Systems sei es - im Gegensatz zu den künstlichen Systemen, welche bloße Hilfsmittel für die Bestimmung der Arten oder für den Unterricht seien - "to arrange bodies in genera, orders, and species as to satisfy most thoroughly natural affinities"¹⁶¹. Grundlage dieses System müßten deshalb alle "physical and chemical relations of

157. Vgl. Gmelin (1829), S. 1353f. Die Arbeit, die Gmelin hier ansprach, ist Mitscherlich (1827). Mitscherlich habe so etwa den Übergang der in der Hitze erhaltenen glasigen, durchsichtigen, arsenigen Säure bei längerem Aufbewahren bei gewöhnlicher Temperatur in den undurchsichtigen und selbst erdigen Zustand erklärt. Und, wie Gmelin hinzufügt, auch die Bildung des Reaumurschen Porzellans aus Glas mag so erklärbar sein. Vgl. Gmelin ebd.

158. Vgl. Hunt (1867b), S. 453.

159. Hunt (1867b), S. 454.

160. Den Weg zu einem solchen natürlichen Mineralsystem sieht er dabei vor allem in Okens Naturphilosophie - die er "Physiophilosophy" nennt - vorgezeichnet; Okens eigenes Mineralsystem sei aber doch größtenteils auf "fanciful and false analogies" gegründet, berücksichtige kaum die physischen und chemischen Kennzeichen der Mineralien und sei so letztlich dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft nicht mehr angemessen. Vgl. Hunt (1867b), S. 454. Zu **Hunts** Mineralsystem vgl. auch Adams (1934), S. 216.

161. Vgl. Hunt (1867b), S. 454.

bodies" sein, und ein solches System müßte zeigen, "that the various properties of a species are not so many arbitrary signs, but the necessary results of its constitution"¹⁶². Die 'physischen und chemischen Verhältnisse der Körper' sind zum einen deren physikalische Eigenschaften, d. h. die physische Beschaffenheit der Körper mit Bezug auf Schwere, Kohäsion, Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetismus, zum anderen die "chemical history" der Körper, d. h. deren (einfache oder zusammengesetzte) Natur, die chemischen Beziehungen zu anderen Arten sowie die Modifikationen der chemischen Verhältnisse durch physikalische Bedingungen und Kräfte¹⁶³. Auch hier befand **Hunt** sich durchaus noch in Übereinstimmung mit dem Programm der **Grothschen** Chemischen Kristallographie.

Die Beziehung einer Mineralart bzw. einer "chemical species" zu anderen fand nun allerdings nach **Hunt** ihren quantitativen Ausdruck vor allem im Äquivalentgewicht ("equivalent weight"), und die chemischen bzw. mineralogischen Arten seien so - bevor sie sich im Kristall zur Individualität ("individuality") erhöhen - wesentlich quantitativ bestimmt¹⁶⁴. Das Äquivalentgewicht war für **Hunt** entscheidend, weil sich aus ihm - indem man es durch das spezifische Gewicht teilt - das Äquivalentvolumen ("equivalent volume") ergibt, welches das eigentlich zentrale Merkmal in **Hunts** Mineralklassifikation war: Das Äquivalentvolumen stand gewissermaßen für die spezifischen Beziehungen der einzelnen festen und flüssigen chemischen Verbindungen zum Raum, es war Ausdruck ihrer unterschiedlichen Kondensierungsgrade ("degrees of condensation") ist¹⁶⁵.

2.

162. Vgl. Hunt (1867b), S. 454 (Herv. B. F.).

163. Vgl. Hunt (1867b), S. 455.

164. Vgl. ebd.

165. Vgl. ebd. Vgl. auch Hunt (1853a), S. 429f. & 434f.; Hunt (1891), S. 86-8. Hunt begründete diese Rolle des Äquivalentvolumens in seiner Mineralogie und Chemie damit, daß in gasförmigen Verbindungen das Äquivalentgewicht direkt proportional ist der Dichte, womit die Annahme nicht unberechtigt sei, daß sich eine ebenso einfache Beziehung bei den festen und flüssigen Körpern nachweisen ließe. Vgl. Hunt (1853a), S. 434; Hunt (1867b), S. 455f. Als einer der Hintergründe dieser Überlegungen ist das von J.-L. Gay-Lussac 1808 formulierte Volumengesetz für Gase zu sehen, demzufolge bei chemischen Verbindungen von Substanzen im gasförmigen Zustand die miteinander reagierenden Gasvolumina sich verhalten wie kleine ganze Zahlen, welches dann auch die Grundlage der sogenannten 'Volumentheorie' von J. J. Berzelius bildete. Vgl. hierzu etwa Partington (1961-70) IV, S. 260-5. Letztere spielte etwa in den frühen Arbeiten E. Mitscherlichs eine Rolle. Vgl. hierzu Schütt (1984), S. 139 & 277 Anm. 722.

Diese Idee selbst war nicht neu (vgl. u. Anm. 174), nur daß sie bei **Hunt** jetzt eben in 'naturphilosophischem Gewand' erschien. So erklärt sich der gerade genannte Begriff der "condensation" (und damit auch die Bedeutung des Äquivalentvolumens für die Mineralklassifikation) vor allem aus einem naturphilosophischen Kontext. **Hunt** vertrat eine dynamische Auffassung der Materie. Die Entstehung einer chemischen Verbindung faßte er als eine 'Verschmelzung' oder 'Verdichtung' ("union, or identification") der einzelnen Bestandteile auf, wobei diese dann in der neu entstandenen Verbindung keine eigenständige Existenz mehr hätten. Der Prozeß, welcher diese 'Verschmelzung' bewirkte, war die "condensation". Sie war - neben der "attraction" und der "unity" - Ausdrucksform einer von **Hunt** angenommenen Grundkraft der Materie; eine zweite solche Grundkraft äußerte sich als "expansion, repulsion, and plurality" (wobei die "expansion" für die Trennung der chemischen Verbindungen verantwortlich sei)¹⁶⁶. Das Äquivalentvolumen war also Ausdruck dieses 'Naturprozesses' bzw. seines jeweils spezifischen 'Wirkungsgrades' bei den einzelnen Verbindungen. Damit mußten dann für **Hunt** - und hier liegt eben der entscheidende Gegensatz zu **Groth** - zwangsläufig alle Versuche, einen Zusammenhang zwischen einer (atomistisch interpretierten) Kristallform und dem Chemismus einer Verbindung herzustellen, erfolglos bleiben:

"I am convinced that no geometrical grouping of atoms, ..., can ever give us an insight into the way in which Nature builds up her units, by interpenetration and identification, and not by juxtaposition of the chemical elements"¹⁶⁷.

Wenn also die Unterschiede zwischen chemischen Verbindungen gleicher Bestandteile nicht in einer unterschiedlichen Anordnung der Atome zu suchen sind, sondern in unterschiedlichen Graden der "condensation", so ergab sich implizit die Vorstellung einer reihenförmigen Anordnung, wobei eine solche Reihe jeweils (zumindest theoretisch) mit der gasförmigen Modifikation (welche die geringste Dichte aufweist) zu beginnen hatte und sich bis hin zur dichtesten (am höchsten 'kondensierten') festen Modifikation

166. Vgl. Hunt (1853a), S. 426f. & 429; Hunt (1854), S. 448-51.

167. Hunt (1867b), S. 457f. In diesem Sinne hat Hunt später die Kristallform - deren Bedeutung für die beschreibende Mineralogie er durchaus zugestand - für "the least essential or most accidental form of the mineral species" erklärt. Vgl. Hunt (1891), S. 24.

erstreckte. Dies bedeutete zugleich, daß die Verbindungen für **Hunt** in den verschiedenen Aggregatzuständen als eigene Arten aufzufassen sind¹⁶⁸ (vgl. hierzu dann auch Kap. B. 2. 3.)

Diese Überlegungen brachte **Hunt** nun in Zusammenhang mit der Typentheorie der Chemie bzw. den homologen Reihen der Kohlenwasserstoffe¹⁶⁹, und er stellte sich die Frage, ob nicht die von diesen Verbindungen her bekannten "laws of substitution, homology, and polymerism" auch auf die Ordnung der Mineralarten (Oxide, Silikate, Carbonate, Sulphide usw.) anwendbar seien. So sah er etwa im Prinzip der "chemical homology" eine "ready and natural explanation" der Variation der chemischen Zusammensetzung vieler Silikate innerhalb bestimmter Grenzen. Ebenso sei das Prinzip des "polymerism" in vielen verwandten Mineralien zu finden, wie etwa bei Calcit/Aragonit, Opal/Quarz usw.¹⁷⁰

Wenn **Hunt** damit im Einzelnen zu durchaus nicht unrichtigen ^{Le}Schlußfolgerungen gelangte¹⁷¹, so dürfte doch auch unmittelbar einsichtig sein, daß der Versuch als Ganzes letztlich spekulativ bleiben mußte. Das Postulat einer gesetzmäßigen Abhängigkeit etwa der Härte oder des Verhaltens gegen die chemischen Reagentien (also einer direkten Beziehung zwischen chemischen und physikalischen Eigenschaften) bei den polymorphen Mineralien von der "condensation"¹⁷², oder auch die Erklärung der Isomorphie durch gleiche Äquivalentvolumina¹⁷³, gingen letztlich nicht über andere zeitgenössische Versuche hinaus, nur daß **Hunt** hierbei auf den Atom-Begriff zu verzichten suchte. Hinzukam, daß **Hunt** sich in der Regel - insbesondere auch dort, wo die Reihen chemische

168. Vgl. Hunt (1867b), S. 456.

169. Dabei bezieht er sich vor allem auf die im Zusammenhang mit Groth schon angesprochenen Untersuchungen von Laurent und Gerhardt. Vgl. Hunt (1853a), S. 431f.; Hunt (1853b), S. 439 & 442.

170. Vgl. Hunt (1867b), S. 456f. Vgl. auch Hunt (1853a), S. 432; Hunt (1853b), S. 439-42.

171. So vor allem in der Ordnung der Plagioklase als kontinuierliche Reihe. Vgl. Hunt (1853b), S. 443f.; vgl. auch Hunt (1853a), S. 432. Vgl. hierzu auch Kap. B. 2. 1.

172. Vgl. Hunt (1867b), S. 457

173. Vgl. Hunt (1853a), S. 434; vgl. auch Hunt (1853b), S. 440. Ein konkretes Beispiel hierfür seien etwa die mit dem Arragonit isomorphen Carbonate. Vgl. Hunt (1853c), S. 853. Diese Idee ist letztlich keine andere, als die von H. Kopp (auf den sich ja auch Groth bezogen hatte) vertretene Erklärung der Isomorphie durch gleiche bzw. ähnliche "spezifische Volume" (s. o.). **Hunt** (der Kopp nicht erwähnte) gibt in seiner betont anti-atomistischen Haltung gewissermaßen die 'dynamische Variante' dieser Theorie. Vgl. Hunt (1853a), S. 433.

Verbindungen unterschiedlicher Aggregatzustände umfaßten (etwa bei den Kohlenwasserstoffen bzw. Alkoholen und Fetten) -, bedingt durch die hohen Dichteänderungen und in der Folge davon: der Vervielfachung der Äquivalentvolumina, zur Annahme von Formeln genötigt sah, die schon seinen Zeitgenossen konstruiert erscheinen mußten¹⁷⁴. Und er betonte selbst, daß die Bestimmung des Kondensationsgrades bei der Änderung des Aggregatzustandes nicht unproblematisch sowie speziell im flüssigen Zustand die Beziehung zwischen spezifischer Schwere und Äquivalentvolumen nicht eindeutig sei¹⁷⁵.

Hunts Konzept einer 'dynamischen Morphotropie', d. h. sein Versuch, die natürliche Klassifikation der Mineralien und die Erklärung von Phänomenen wie Isomorphie, Polymorphie oder die Mischkristallbildung auf eine neue Grundlage zu stellen, mußte also fast zwangsläufig bloßes Programm bleiben. Seine dynamische Materieauffassung hatte ihn - auch aus zeitgenössischer Sicht - im Einzelnen doch zu recht spekulativen Konstruktionen gezwungen, *fe* und die wirkliche Einlösung des Programms war er schuldig geblieben. Allerdings machte er damit auch implizit deutlich, welchen Schwierigkeiten die **Grothsche** Morphotropie in ihrer Weiterentwicklung zu begegnen hatte. Auch sie war ja zunächst eigentlich nur die Forderung, die Bestimmung der Mineralien bzw. ihre Klassifikation an den aus der organischen Chemie bzw. von den Kohlenwasserstoffen her bekannten 'Gesetzen der Substitution, der Homologie und der Polymerie' zu orientieren, wobei ihm ein wesentliches Hilfsmittel allerdings die - sowohl von **Hunt** als vielen anderen Chemikern vernachlässigte - Kristallform war. Wie **Groth** also versuchte, sein Programm einzulösen, dies wird uns im nächsten Kapitel beschäftigen.

174. Vgl. Hunt (1867b), S. 456. Vgl. dann vor allem auch Hunt (1853c), S. 852 & 854f. Vgl. ferner Hunt (1853b), S. 440f.

175. Vgl. Hunt (1853a), S. 435f. Eine solchen Versuch, die Änderung des Volumens beim Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Zustand zu berechnen (im Gegensatz zu Hunt allerdings eben unter der Annahme der Existenz von "physikalischen Atomen"), hat bezeichnenderweise gerade G. Tschermak unternommen. Vgl. G. Tschermak (1860), hier vor allem S. 34.

1.1.2. 'Diskontinuierliche Kontinuität': Die Entwicklung der Chemischen Kristallographie bis zu V. M. Goldschmidt

Die weitere Entwicklung und der Ausbau der **Grothschen** Chemischen Kristallographie ist wesentlich auch eine Funktion seines weiteren Lebensweges. Bereits kurz nach seiner Habilitation erhielt er eine ordentliche Professur an der neu gegründeten - als 'Vorzeigeuniversität' des Deutschen Reiches geplanten - *Kaiser-Wilhelm-Universität* in Straßburg. Hier konnte er einen eigenen Studienplan ausarbeiten, ein zweckmäßig ausgerüstetes mineralogisches Laboratorium einrichten, und hier hat er auch 1877 die *Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie* gegründet, die zum Sprachrohr der Chemischen Kristallographie wurde (siehe hierzu die Kap. B. 1. 2. & B. 1. 3.). Hier sollen jetzt aber zunächst zwei andere Faktoren dieser weiteren Entwicklung behandelt werden: Dies ist zum einen die Entstehungsgeschichte des **Grothschen** Hauptwerkes, der *Chemischen Kristallographie*, zum anderen die Frage, von wem bzw. in welcher Form nun eigentlich das **Grothsche** Programm - außer eben von **Groth** und seinen Schülern - aufgegriffen und ausgebaut worden war.

Der Plan zur Schaffung eines umfassenden Gesamtwerkes der Chemischen Kristallographie, welches alle Kenntnisse über die chemische und kristallographische Beschaffenheit - oder vielleicht besser: zur Beziehung der physikalischen Eigenschaften auf die stoffliche Zusammensetzung - der bekannten natürlichen und künstlichen anorganischen sowie organischen Verbindungen enthalten sollte, fiel ebenfalls in die frühen Straßburger Jahre.

Bereits im Sommer 1875 schien **Groth** - neben der *Physikalischen Krystallographie* - eine Werk mit dem (Arbeits)Titel *Elemente der Chemischen Kristallographie* geplant zu haben¹. Und schon im Mai 1876 erinnert **Tschermak Groth** anlässlich der beabsichtigten Gründung der Zfk daran, er möchte sich

1. Der Leipziger Verleger W. Engelmann hat Groth im Juni 1875 zwei Verträge über zwei Werke mit den Titeln "Elemente der physikalischen Krystallographie" bzw. "Elemente der Chemischen Krystallographie" übersandt. Engelmann an Groth, 17.6.1875 (BSB-Hs: Grothiana X/Engelmann 6 & 6a). Davon ist dann eben nur das erste erschienen (Groth, 1876). Ein Werk mit dem Titel "Elemente der physikalischen und chemischen Krystallographie" hat Groth allerdings 1921 in München veröffentlicht; vgl. Groth (1921a).

"durch die Redaction nicht abhalten lassen, ein Werk auszuführen das uns allen den grössten Nutzen brächte d.i. eine spezielle Krystallographie welche alle bisher gemachten kryst.[allographischen] Beobachtungen u.[nd] ihre Litteratur enthält. Sie hatten wie ich mich erinnere die Absicht ein solches Werk, zu dem ich die Wiener Krystallographen bisher vergeblich animierte zu vollenden"².

In den folgenden Jahren finden sich dann immer wieder Hinweise auf den Plan **Groths**. Im Dezember 1880 erkundigte sich **Brögger** nach der "grossen Arbeit über k[!]emische Krystallographie? Sie müssen wohl jetzt ein ungeheures Material haben?"³ **Groth** antwortete, daß ihn andere Verpflichtungen derzeit voll in Anspruch nähmen und die "chemische Krystallographie .. aus diesem Grunde noch warten" müsse⁴. 1882 wies **Th. Hiortdahl** auch schon im Druck auf **Groths** "in Arbeit befindliche(s) Handbuch der Chemischen Kristallographie" hin⁵. Und **Groth** selbst hat 1887 im *Circular* zum 10-jährigen Bestehen der Zeitschrift mit Bezug auf die Ausführung der Abbildungen, welche er dort wieder zu verwenden gedenke, sein "in Arbeit befindliches Handbuche der chemischen Krystallographie" erwähnt⁶.

Die konkrete Ausführung zog sich dann aber doch sehr viel länger hin, als von **Groth** wohl zunächst beabsichtigt. Spätestens im Jahr 1901 müssen die Vorarbeiten (und auch die Finanzierung) des Unternehmens dann soweit gediehen gewesen sein, daß die Veröffentlichung in Angriff genommen werden konnte. Im Frühjahr 1901 hatte sich **Tschermak** wieder einmal bei **Groth** nach dem Stand seines Werkes erkundigt und ihm dabei zugleich eine Möglichkeit der Finanzierung angeboten:

"Sie sprachen mir einmal davon, dass Sie die Absicht hätten, die sämtlichen krystallographischen Beobachtungen die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt veröffentlicht wurden, in einem grossen Werke zusammenzufassen. Sie haben in dieser Richtung durch die Publicationen in Ihrer herrlichen Zeitschrift das allermeiste vorgearbeitet und Sie würden das beabsichtigte Werk sicherlich ausgezeichnet redigieren. Dass es einem dringenden Bedürfnis entspräche, scheint mir ausser Zweifel.

2. Tschermak an Groth, 8.5.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 4). Möglicherweise hat Groth diese Absicht schon 1873 anlässlich seines Besuches in Wien gegenüber Tschermak geäußert. Tschermak an Groth, 8.7.1874 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 2).

3. Brögger an Groth, 10.12.1880 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 13).

4. Groth an Brögger, 2.1.1881 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

5. Vgl. Hiortdahl (1882), S. 462.

6. Vgl. Groth: Circular (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1), S. 7. Im gleichen Jahr sprach auch Tschermak noch einmal die Erwartung aus, daß das "grosse Werk" bald fertig werde. Tschermak an Groth, 18.3.1887 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 20).

Ich möchte mir nun die Anfrage erlauben ob Sie die bezeichnete Absicht verwirklichen wollen und ob Sie glauben dass ein Buchhändler dafür zu gewinnen wäre. Mir scheint nämlich dass eine solche Zusammenstellung nicht ohne die Krystallfiguren denkbar wäre und dass durch letztere der Umfang und die Herstellungskosten sich vergrössern so dass das Unternehmen kaum einen Buchhändler locken könnte. Wenn sie auch dieser Ansicht wären, so würde ich ferner fragen, ob Sie einverstanden wären dass das Unternehmen von mehreren Akademien subventionirt und gefördert würde, ähnlich wie dies bei der Herausgabe des mathematischen Lexicons der Fall ist. Dann könnte das Werk auch viel anspruchsvoller auftreten. ... Die Mineralogen haben bisher noch kein solches gemeinsames Unternehmen in Scene gesetzt, das gedachte schiene mir dazu sehr geeignet"7.

Dies war der Auftakt zu sehr langwierigen Bemühungen von Seiten **Tschermaks** und **Beckes** um eine solche Finanzierung der CK durch die sogenannten "cartellierten Akademien", d. h. durch die wissenschaftlichen Akademien in Göttingen, Leipzig, Wien und München, und diese Bemühungen sind dann in den Briefen **Tschermaks** und **Beckes** an **Groth** auch ausführlich dokumentiert⁸. Allerdings hatte **Groth** schon auf die obige Anfrage **Tschermaks** geantwortet, daß er hinsichtlich der Finanzierung eigentlich keiner Unterstützung mehr bedürfe (weshalb **Tschermak** schon fürchtete, daß er "mit der Idee einer Subvention durch die vereinigten Akademien vielleicht zu spät" komme), daß ihm aber zusätzliche Assistenten willkommen seien⁹.

Das Ergebnis der Bemühungen **Tschermaks** und **Beckes** war, daß **Groth** schließlich bis zum Sommer 1903 ein Betrag von jeweils 600 Mark durch die Akademien in Berlin¹⁰, Wien, Leipzig und München zur Verfügung gestellt wurden¹¹; nur die Göttinger Akademie hatte zunächst wenig Interesse gezeigt, dann zwar eine Unterstützung in Aussicht gestellt, diese letztlich aber doch verweigert¹². Auch zusätzliche Hilfskräfte - nämlich sein

7. Tschermak an Groth, 4.3.1901 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 37).

8. Bei Tschermak ab Tschermak an Groth, 4.3.1901 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 37); bei Becke ab Becke an Groth, 12.5.1902 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 24).

9. Vgl. Tschermak an Groth, 26.3.1901 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 38).

10. Berlin gehörte allerdings der Vereinigung der Akademien nicht an. Vgl. Tschermak an Groth, 21.11.1901 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 43).

11. Vgl. Tschermak an Groth, 6.11.1902 & 12.7.1903 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 47 & 51). Vgl. auch Becke an Groth, 21.5.1902 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 25).

12. Tschermak an Groth, 28.3.1904 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 53). Groth wollte daraufhin auch auf weitere Bemühungen um Subventionen seitens der Akademien verzichten.

späterer Münchner Nachfolger **B. Goßner** und der Wiener Mineraloge **C. Hlawatsch**¹³ - wurden ihm durch die Akademien zur Verfügung gestellt¹⁴.

Als dann im Jahr 1906 endlich der erste Band der *Chemischen Krystallographie* erscheinen konnte, waren seit den ersten Plänen über 30 Jahre vergangen. Die *Chemische Krystallographie* erschien bis 1919 in fünf Bänden; eine *Einleitung* war 1904 erschienen. Auf über 4200 Seiten hat **Groth** das gesamte chemische, physikalische und kristallographische Wissen seiner Zeit über mehrere tausend Substanzen zusammengefaßt¹⁵. Und in dieser kompilatorischen Aufgabe sahen denn auch die zeitgenössischen Mineralogen den eigentlichen Wert des Werkes. Ein "Fundamentalwerk ersten Ranges" nannte es der Rezensent des *Centralblatts für Mineralogie*, in welchem "unser ganzer dermaliger Besitz an krystallographischer Kenntniss der natürlichen und künstlich dargestellten chemischen Elemente und Verbindungen in nuce vollständig dargestellt ist", und das deshalb "für jeden, der sich mit derartigen Studien befaßt, ein unentbehrliches Hilfsmittel" sei¹⁶. Und

V. M. Goldschmidt hat der CK bescheinigt, daß es **Groth** damit gelungen sei, "ein fast unermeßliches Material krystallographischer Beobachtungen", wie sie seit dem Beginn des planmäßigen Studiums morphotroper Reihen durch **Groth** und den norwegischen Chemiker **Th. Hiortdahl** (1839-1925) gesammelt worden seien, "in übersehbarer Form der wissenschaftlichen Forschung zugänglich" gemacht zu haben, welches so auch "stets eine wichtige Grundlage unserer krystallo-chemischen Kenntniss bilden" werde¹⁷.

Allein drei Bände sind dabei den Kohlenstoffverbindungen gewidmet. Die Bände drei bis fünf enthalten die "Aliphatischen und hydroaromatischen Kohlenstoffverbindungen" (Bd. III: 1910), die "Aromatischen Kohlenstoffverbindungen mit einem Benzolringe" (Bd. IV: 1917) und die "Aromatischen Kohlenstoffverbindungen mit mehreren Benzolringen - Heterocyclische Verbindungen" (Bd. V:

13. Hlawatsch ist Ende 1901 von Tschermak vorgeschlagen worden. Tschermak an Groth, 13.12.1901 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 44). Anfang Februar 1902 konnte er Groth die Genehmigung des Antrages durch die Wiener Akademie mitteilen. Tschermak an Groth, 3.2.1902 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 46).

14. Vgl. auch Groth (1904), S. iv.

15. Vgl. hierzu auch Steinmetz/Weber (1938), S. 11.

16. Hier zitiert nach dem Verlagstext in Groth, CK V (1919).

17. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926a), S. 8.

1919). Die eigentlichen Mineralien finden sich in den ersten beiden Bänden: der 1906 erschienene erste Band behandelt die "Elemente", die "anorganischen Verbindungen ohne Salzcharakter" und die "einfachen und complexen Halogenide, Cyanide und Azide der Metalle, nebst den zugehörigen Alkylverbindungen", der zweite Band (1908) die "anorganischen Oxo- und Sulfosalze". Schon der Inhalt zeigt an, daß ~~Groth~~ es sich bei der CK nicht um ein Handbuch für die Mineralogen und Kristallographen handelte, sondern eben um ein Handbuch für die Chemiker¹⁸, ganz in dem Sinne, wie **Groth** seine Chemische Kristallographie 1870 konzipiert hatte. X-28

Daß zwischen dem Erscheinen des dritten und vierten Bandes fast sieben Jahre vergangen sind (während die anderen Bände alle im regelmäßigen Abstand von zwei Jahren erschienen), liegt sicher auch an der politischen Entwicklung (I. Weltkrieg). Andererseits sind der vierte und fünfte Band dann sogar während bzw. kurz nach Ende des ersten Weltkrieges erschienen. Die Verzögerung des Erscheinens des vierten Bandes dürfte so ihre Ursachen nicht zuletzt in der wissenschaftlichen Entwicklung gehabt haben: Im Jahr 1912, dem Jahr, in dem der vierte Band erscheinen sollte, hatten **M. von Laue**, **Paul Knipping** (1883-1935) und **Walther Friedrich** (1883-1968) ihre Experimente zum Nachweis der Wellennatur der Röntgenstrahlen bzw. deren Brechung an Kristallen bekannt gemacht. Wenngleich diese Experimente vor allem eine Bestätigung der von **Groth** vertretenen Raumgitterhypothese der Kristalle brachten¹⁹, so zwangen sie ihn doch andererseits auch, sein ursprüngliches Konzept einer Chemischen Kristallographie neu zu überdenken. Und eben dies hat **Groth** in den Jahren bis zum Erscheinen des vierten Bandes getan²⁰. Auf die Folgen der neuen

18. Rein äußerlich ist dies schon daraus ersichtlich, daß Groth auch in den ersten beiden Bänden auf die gebräuchlichen Mineralnamen weitgehend verzichtete. Alle in der CK behandelten Substanzen werden mit ihren chemischen Bezeichnungen angegeben, ähnlich wie dies schon Rammelsberg 1855 in seinem *Handbuch der krystallographischen Chemie* gehandhabt hatte.

19. Vgl. Groth (1915a), S. 68f.

20. Obwohl ihn die Aufstellung der Lagerstättensammlung und die Arbeit für die ZfK viel Zeit kosteten, so schrieb Groth im Juli 1913 an V. M. Goldschmidt, sei der Druckbeginn für Winter 1913 geplant. Groth an V. M. Goldschmidt, 1.7.1913 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Im November des Jahres hoffte er dann, daß der Druck zu Ostern des folgenden Jahres beginnen könne, und gleichzeitig schrieb er Goldschmidt, daß ihn nunmehr "die neuen Forschungen von Bragg über die Krystallstruktur" sehr beschäftigten. Groth an V. M. Goldschmidt, 26.11.1913 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Anfang 1915 schließlich war das Material derart angewachsen, daß Groth sich entschlossen

Röntgenkristallographie für die Chemische Kristallographie soll nun allerdings erst am Ende dieses Kapitels eingegangen werden (s. u.).

Groths eigene Bemühungen um die Weiterentwicklung und den Ausbau der Chemischen Kristallographie zielten, wie im Vorhergehenden schon implizit deutlich wurde, vor allem auf eine möglichst umfangreiche Sammlung der kristallographischen Eigenschaften der chemischen Verbindungen. Die konkreten Mittel dazu waren ihm zum einen die ZfK, zum anderen die Anleitung seiner Schüler zu entsprechenden Arbeiten. Das Programm der Chemischen Kristallographie blieb so immer ein induktives. Das "letzte Ziel der chemisch-krystallographischen Forschung", so formulierte **Groth** es noch einmal 1904 in der *Einleitung* zur CK, sei die "Erkenntnis der Gesetze der Abhängigkeit der Krystallstruktur eines Körpers von seiner chemischen Constitution"²¹. Dieses Ziel sei letztlich nur auf induktivem Wege, d. h. "durch Vergleichung der Krystallstrukturen zahlreicher Reihen chemisch verwandter Substanzen" zu erreichen, wobei allein dies schon auf nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten stoße, insofern als die hierfür notwendigen entsprechenden Eigenschaften der Körper "nicht so vollständig" festzustellen seien, als "daß daraus mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Kristallstruktur desselben geschlossen werden könne"²².

Bisher war allein von **Groths** eigenen Bemühungen um die Weiterentwicklung der Chemischen Kristallographie die Rede. Im Hinblick auf seine Zielsetzung, mit seinem Forschungsprogramm eine neue disziplinäre Matrix einer modernen Mineralogie zu schaffen, ist aber natürlich vor allem zu fragen, von wem bzw. in welcher Form sein Programm eigentlich von den zeitgenössischen

hatte, aus dem geplanten letzten (vierten Band) zwei Bände (vier und fünf) zu machen; der Druck des vierten sollte im Herbst beginnen. Groth an V. M. Goldschmidt, 10.2.1915 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Groth schien dann aber letztlich vor allem daran interessiert, die Chemische Kristallographie so schnell wie möglich abzuschließen, um sich dann in Ruhe mit den neuen Erkenntnissen hinsichtlich der Kristallstruktur befassen zu können. Groth an V. M. Goldschmidt, 26.6.1915 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Im Sommer 1916 war dann schließlich auch das Ms. des fünften Bandes "bis auf die letzte Revision fertig". Groth an V. M. Goldschmidt, 26.7.1916 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30).

21. Vgl. Groth (1904), S. 24.

22. Vgl. Groth (1904), S. 24.

Tu

Mineralogen aufgegriffen bzw. weiterentwickelt wurde. Dies taten natürlich zum einen seine Schüler, wobei hier an erster Stelle seine ehemaligen Straßburger Assistenten **A. Fock** (1856-1928), **Andreás Arzruní** (1847-1898) und **C. Hintze** (1851-1917) zu nennen wären. Alle drei gehörten zu den eifrigsten Mitarbeitern der ZfK, und insbesondere der letztere hat zur Weiterentwicklung des **Grothschen** Konzeptes der Morphotropie beigetragen²³. **Hintze** ist weiter durch sein *Handbuch der Mineralogie* bekannt geworden²⁴. **Arzruní** - der verhältnismäßig jung (mit 51 Jahren) gestorben ist und sich schon aus diesem Grund keinen allzu großen Namen machen konnte - hat mit seiner *Physikalischen Chemie der Krystalle* (1893) eine detaillierte Darstellung der Probleme und Lösungsansätze in der Chemischen Kristallographie vor 1900 geschrieben. Am wenigsten Fortune hatte **Fock**: er war ab 1885 Privatdozent in Berlin, hatte sich dort aber nicht durchsetzen können²⁵.

23. Direkt an Groths Untersuchungen schlossen sich zunächst diejenigen Hintzes über eine Reihe von Naphtalinderivaten an. Die Arbeit enthält eine Revision der Angaben von Laurent und dient zur Bestätigung der von Groth an den Benzolderivaten ermittelten Ergebnisse bezüglich der morphotropen Wirkungen des Chlors und des Broms. Vgl. Hintze (1874), hier vor allem S. 191-8. Vgl. auch Arzruní (1893), S. 229. Vor allem in seiner Habilitationsvorlesung vom 5. 8. 1884 hat Hintze dann auch das Konzept der Morphotropie selbst näher bestimmt. Die eigentliche Frage sei nicht die, ob die Form zweier Körper gleich oder nicht gleich ist (was letztlich nie der Fall sei). Vielmehr müsse die Frage lauten, "welche Veränderung ist bei nachweisbarem Zusammenhange vorgegangen durch Substitution eines Elements oder einer Gruppe durch ein anderes Element oder eine Gruppe"? Vgl. Hintze (1884), hier S. 268. Ähnlich hat etwa gleichzeitig (d. h. unabhängig von Hintze) auch W. C. Brögger den Begriff der Morphotropie neu zu fassen versucht (s. u.).

24. Unter Hintzes Leitung sind die 1. und 2. Abt. des I. Bandes (1904; 1915) sowie der II. Band (1897) erschienen. Nach Hintzes Tod wurde das Handbuch von G. Linck weitergeführt, der die 3. und 4. Abt. des I. Bandes (1930; 1933) herausgab. Drei Ergänzungsbände sowie ein Registerband sind schließlich zwischen 1938 und 1971 von K. Chudova herausgegeben worden.

25. F. Althoff fragte 1886 bei **Groth** an, ob er ihm nicht einen Rat wüßte, "wie Hr. Dr. Fock geholfen werden kann. Unsere Fakultäten, soweit ich deren Stimmung kenne, wollen absolut nichts von ihm wissen". Althoff an Groth, 12.11.1886 (BSB-Hs: Grothiana X/Althoff 9). Später war auch dessen Beförderung zum Extraordinarius im Gespräch; dieses scheint aber nicht erfolgt zu sein. Vgl. Althoff an Groth, 10.10.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Althoff 10). Dazu muß gesehen werden, daß gerade Fock in seinen Arbeiten überwiegend einer traditionellen (beschreibenden) Mineralogie und Kristallographie verhaftet geblieben ist. Er sah seine Aufgabe in der "Untersuchung und Beschreibung der krystallographischen und physikalischen Eigenschaften möglichst vieler krystallisierter Medien". Und wenngleich er dabei auch "an einigen Stellen versucht habe, z. B. gelegentlich der Besprechung des Isomorphismus teilweise neue Auffassungen und Erklärungen zu

Die Beziehung **Groths** zu seinen Schülern wäre allerdings ein eigenes Kapitel, welches deshalb einer späteren Studie vorbehalten bleiben muß²⁶. Stattdessen sollen hier nur gewissermaßen einige Leitlinien der Weiterentwicklung der Chemischen Kristallographie im Sinne **Groths** skizziert werden, wobei jetzt auch primär nach deren Rezeption im Ausland gefragt wird. Diese Weiterentwicklung war keine kontinuierliche. Vielmehr wurde **Groths** Programm von den einzelnen Mineralogenschulen in zum Teil sehr unterschiedlicher Art und Weise weitergeführt. Zum einen war **Groths** Chemische Kristallographie eben wesentlich das Resultat der neuen Entwicklungen in der organischen Chemie, welche - wie in Kap. B. 1. 1. 1. gesagt - auch schon andere Mineralogen und Kristallographen zu dem **Grothschen** Konzept der Morphotropie ähnlichen Überlegungen geführt hatte. Vor allem aber ist **Groths** Programm ein Produkt der spezifisch preußisch-deutschen Wissenschaftskultur der 60-er und 70-er Jahre, wie sie sich eben vor allem in Berlin und Straßburg manifestiert hatte (vgl. Kap. B. 1. 2.), so daß es in anderen 'Wissenschaftskulturen' in durchaus spezifischer Form verstanden bzw. 'assimiliert' wurde.

Letzteres gilt vor allem für die österreichischen Mineralogen und Kristallographen. Hier hatte zuerst **Aristides Brezina** (1848-1909), den **Groth** schon aus Berlin kannte²⁷, dessen

geben", so habe er "doch dabei niemals den Boden der Anschauung verlassen", da sich die "strenge Durchführung sinnlicher Anschauungen" in den Naturwissenschaften immer noch "fruchtbringender erwiesen" habe "als ein Operieren mit Begriffen, denen bestimmte räumliche Vorstellungen nicht zu Grunde gelegt werden konnten^(m) Ebenso wie eine solche rein beschreibende Mineralogie, waren auch Ergebnisse wie etwa, "daß bei isomorphen Körpern die Übereinstimmung der Gestalt eine desto größere ist, je mehr sich die betreffenden Substanzen in chemischer Beziehung nahe stehen", kaum mehr geeignet, das Interesse seiner zeitgenössischen Kollegen zu wecken. Vgl. Fock (1888), S. v-vi & 65. Seine späteren theoretischen Ansätze stießen dann allerdings ebenfalls in erster Linie auf Kritik. Insbesondere F. Becke hat sich kritisch zu den "Speculationen des Herrn Fock" geäußert. Becke an Groth, 3.2.1892 & 8.2.1892 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 10 & 11). Vgl. Arzruni (1893), S. 317.

26. Dies vor allem auch deshalb, weil sich allein von Fock, Arzruni und Hintze über 900 Briefe im Nachlaß **Groths** in der BSB befinden, deren Auswertung noch nicht abgeschlossen ist.

27. **Brezina** war einer der zahlreichen Besucher in **Magnus'** Labor. **Groth** erinnert sich an ihn als einen "talentvollen Schüler **Tschermak's** in Wien", der dort eine kristallographische Arbeit habe machen wollen. Er schlug ihm als Thema die pyroelektrische Untersuchung des Quarzes vor, wobei er ihm zudem empfahl, hierfür (statt mit Kristallen der natürlichen Form, deren Ecken und Kanten durch Influenz unregelmässige Verteilung der Elektrizitätserscheinungen verursachten) mit einer Kugel zu

Konzept der Morphotropie gewürdigt, wobei er es allerdings gleich - zumindest begrifflich, und dabei wohl auch eher unbewußt - der 'Wiener Kultur' anpaßte, indem er, gleichsam selbstverständlich, für die (äußere) Kristallform die (innere)

"Molecularconstitution" setzte:

"Was Sie über Morphotropie publiciert haben, interessiert mich sehr, obwohl ich nicht in allen citirten Fällen eine wirkliche Gesetzmäßigkeit annehmen möchte. Allein wir besitzen noch so wenig mit Sicherheit constatirte Relationen zwischen Molecularconstitution und Zusammensetzung, dass jedes neue Factum, besonders begleitet von so vielen neuen Beobachtungen, das grösste Interesse erregt"²⁸.

Brezina stimmte mit **Groth** auch überein, wenn er die mangelnde "Achtung" der Chemiker "vor den kryst.[allographischen] Untersuchungen" beklagt: 95 % der Chemiker seien noch immer zufrieden, "wenn sie das chem.[ische] Krystallsystem bestimmt haben: nadelförmig, plattenförmig, körnig, oder grosse Krystalle bei denen sie sich gar nicht mehr auskennen". Und - ganz im Sinne **Groths** - sah auch er die "Morphotropie" zum einen als "ein gutes Gegengewicht gegen die etwas zu weit getriebene Isomorphie" (wofür er hier vor allem auf die "nordischen Gelehrten" verwies, z. B. **N. G. Nordenskiöld** und **H. Topsöe**), zum anderen gegen die Arbeiten der Franzosen, welche sich "um gesetzmässige Beziehungen

arbeiten, welche durch die optische Werkstätte von Steeg in Homburg hergestellt werden sollte. Offensichtlich ist diese Arbeit Brezinas (durch dessen 'anderweitige Interessen') aber nicht zustande gekommen. Von Zeit zu Zeit sei er in das Laboratorium gekommen, "um zu fragen, ob die Kugel noch nicht eingetroffen sei, und um mir von seinem Verkehr in der Berliner Vergnügungsstätte zu berichten", bis er dann eines Tages mitteilte, er müsse nach Wien zurück, da Tschermak die Direktorenstelle am Hofmineralienkabinett erhalten habe und ihn zum Assistenten nehmen wolle: "Ob die Quarzkugel überhaupt bestellt worden ist, habe ich nie erfahren". Vgl. Groth (GLE), S. 68. Zu Brezinas Beziehungen zu Berlin s. auch Brezina an Groth, 12.5.1869 & 6.2.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 1 & 2). Mit dieser 'Arbeitsmoral' und wohl mehr noch mit seinen in der Regel wenig schmeichelhaften Äußerungen über seine Kollegen, hat Brezina sich (verständlicherweise) wenig Freunde gemacht. Brezina übernahm später das "Krystallogr.[aphische] Laboratorium" der Wiener Universität, hat dieses aber wohl eher vernachlässigt. Zumindest berichtete Tschermak, daß dort "fast nie ein Schüler gewesen" sei, weshalb ihm das Labor letztlich vom Ministerium entzogen worden sei: "Darauf legte B.[rezina] die Docentur nieder, worüber alle Collegen erfreut waren". Tschermak an Groth, 15.7.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 25).

28. Brezina an Groth, 6.2.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 2) (Herv. B. F.).

im einen und anderen Falle fast gar nicht" kümmerten²⁹. Er selbst habe überhaupt

"schon lange die Überzeugung, dass man den Begriff Isomorphie zerlegen müsse; in Isomorphie, d. h. Übereinstimmung des Habitus und directe Gleichheit der Elemente, in Ähnlichkeit des Habitus bei einfachen Beziehungen der Elem.[ente], also Ihre Morphotropie endlich Morphotropie bei verschiedenem Habitus und selbst in diesen Fällen wird eine sorgfältige Unterscheidung notwendig zwischen zufälliger und gesetzmässiger Isomorphie, die in manchen Fällen Reihen aufstellen lässt wie | Beryll / Pyrosmalit / Dioptas / Euralyt / Phenakit | von denen doch kaum die 3 letzten isomorph sind, wogegen besonders die Spaltbarkeit spricht³⁰.

Trotz der von **Brezina** betonten Gemeinsamkeiten hinsichtlich der **Grothschen** Morphotropie³¹, deuten seine Kommentare auch einige der Gründe an, warum **Groths** Forschungskonzept in Wien letztlich nicht umfassender rezipiert wurde. Dies wäre zunächst, vereinfacht ausgedrückt, die Tatsache, daß der neue Berliner bzw. Straßburger 'Realismus' in Wien keinen besonders fruchtbaren Boden vorfand: Es war schon gesagt worden, daß gerade aus Wien einige der eher spekulativen Versuche kamen, den Zusammenhang von chemischer Konstitution und Kristallform zu erklären³².

Auch **Brezina** selbst schloß sich in "puncto Hypothesen" eher **Groth** an: auch er sei "in dieser Beziehung ausserordentlich vorsichtig geworden". Doch es lasse sich auch

"nicht leugnen, dass auf diesem Wege manches empirische Gesetz von Bedeutung gefunden wird, wie die ziemlich discreditierten Arbeiten Hinrich's lehren; freilich hat das wieder das bittere, dass man viel unbegründetes und unmögliches schlucken und verdauen (wenn's geht) muss, bevor man auf einen nahrhaften Bissen kommt"³³.

Später machte **Brezina** **Groth** gegenüber auch deutlich, daß für ihn der theoretische Teil der Mineralogie, d. h. die mathematische Kristallographie, doch der eigentlich zentrale Teil sei, welcher allererst zum "Wesen der Krystalle" führe (wobei er

29. Brezina an Groth, 6.2.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 2).

30. Brezina an Groth, 6.2.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 2).

31. Die konkreten Unterschiede brauchen hier nicht diskutiert zu werden. Es sei aber zumindest angemerkt, daß Groth manche der Formulierungen Brezinas - wie etwa dessen Unterscheidung von "zufälliger und gesetzmässiger Isomorphie" - sicher weniger glücklich erschienen sind.

32. Vgl. die Ausführungen zu A. Schrauf in Kap. B. 1. 1. 1.; zur spezifischen Wiener Kultur der Mineralogie vgl. dann vor allem auch Kap. B. 2. 1.

33. Brezina an Groth, 13.12.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 4). Zu den hier angesprochenen Arbeiten von Hinrichs vgl. Kap. B. 1. 1. 1.

dann allerdings auch die 'praktischen Probleme' nicht übersah, die deren 'konkrete Vermittlung' mit sich brachte):

"Hier sitze ich nun auf meinem theoretischen Steckenpferd [der mathematischen Kristallographie; B. F.] und reite es meinen Zuhörern vor unter fortwährendem Befeuchten ihrer Gehirne durch praktische Capitel, um sie vor gänzlicher Vertrocknung zu bewahren; will aber doch wieder einmal angestapelte Beobachtungen von mir geben, einesteils persönlicher Erleichterung, andernteils fremder Er[!]lustigung wegen, da theoretisches mehr oder weniger doch nicht gelesen wird"³⁴.

Dazu muß daran erinnert werden, daß die mathematische Kristallographie zu Beginn der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gerade in Wien in den Physikern **J. Grailich** (1829-1859) und später **Victor von Lang** (1838-1921) zwei maßgebliche Vertreter hatte³⁵. Daß die Wiener Mineralogen und Kristallographen so zunächst in erster Linie auf die mathematische ('theoretische') Kristallographie orientiert waren, hat die Aufnahme der **Grothschen** Chemischen Kristallographie dort nicht begünstigt. Dazu kam allerdings noch ein weiterer spezifischer Grund, nämlich **Groths** - nicht nur latenter - 'Atomismus'. Dies hat wiederum **Brezina** in seinem kurzen Kommentar zu **Groths** Habilitationsrede deutlich macht:

"Ihre Antrittsrede habe ich Dr. Tschermak und Schrauf übergeben; mit Vorsicht zwar, denn die Fetzen Laurent's, Gaudin's und wie die Atom-Baumeister alle heißen, hie[!]ngen nach allen Seiten heraus; aber, Verehrtester, wenn Sie mit so gerechtem Zorn auf die 'phantasievollen' Gelehrten einschlagen, was müßten Sie denn über die chemischen Structionisten sagen, die, ohne nur um die übrigen Eigenschaften der Substanzen zu fragen, die Atomicitäten wie faule Diebe und Räuber an die Galgen der chemischen

34. Brezina an Groth, 23.1.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 9). Allerdings ging es Brezina hier eben nicht nur gewissermaßen um die mathematische Kristallographie an sich gegen die beschreibende Mineralogie; vielmehr ging es ihm auch um die 'richtige Methode' der Kristallbezeichnung, und das war eben (nach Brezinas Auffassung) diejenige W. H. Millers: "Ich wünschte ihnen, dass Sie nur einmal sehen würden mit welcher Leichtigkeit gerade Anfänger sich die Miller'sche Methode in allen Richtungen aneignen; wie rasch somit ein tiefes Eindringen in das Wesen der Krystalle angebahnt wird und wie gelengik[!] ein so gepanzerter krystallographischer Jüngling gegenüber den schwerfälligen Naumannianern sich herumtummelt, ..." Brezina an Groth, (Ebd.) (Herv. orig.).

35. Grailich hat 1856 die maßgebliche deutsche Übersetzung des Millerschen "Treatise on crystallography" veröffentlicht; vgl. Grailich (1856). Vgl. hierzu Groth (1926), S. 92. Und von Lang hat 1866 ein "Lehrbuch der Krystallographie" verfaßt, welches weite Verbreitung gefunden hat; vgl. von Lang (1866). Zu Grailich und von Lang s. auch Kap. B. 1. 3. 1.

Verwandtschaften hängen? und getrauen Sie S[!]ich wirklich in dieses Wespennest zu stechen?"³⁶

Dies sollte nicht so verstanden werden, daß **Groths** Programm in Wien explizit abgelehnt worden wäre. Es traf dort nur auf eine 'mineralogische Kultur', die seine Aufnahme nicht eben begünstigte (vgl. hierzu Kap. B. 2. 1.). So haben ja **Tschermak** und **Becke Groth** in der Herausgabe der CK ganz direkt unterstützt (s. o.), und **Tschermak** hatte sich, mit Bezug auf **Groths** *Tabellarische Übersicht* bzw. dessen Lehrtätigkeit in Straßburg "erfreut" gezeigt, daß **Groth** "die jungen Mineralogen auf dem richtigen Wege zum Verständnis des Zusammenhanges zwischen Form u[nd] Zusammensetzung" führe³⁷. Er selbst allerdings hat letztlich - mit Ausnahme einer kleinen Arbeit von 1903 - keinen expliziten Beitrag zum **Grothschen** Programm geleistet³⁸.

Im Gegensatz zu den Wiener Mineralogen, war die - im Hinblick auf die moderne Entwicklung dann auch bedeutendste - Weiterführung des **Grothschen** Programms der Chemischen Kristallographie bei den norwegischen Mineralogen besser vorbereitet. Hierbei spielte zunächst vor allem eine Rolle, daß von Seiten der norwegischen Mineralogen bereits entsprechende Ansätze entwickelt worden waren. Mitte der 60-er Jahre des 19. Jahrhunderts hatte **Th. Hiortdahl** - ganz analog zu **Groths** Morphotropie, aber dabei eben unabhängig von diesem - auf eine Übereinstimmung der Winkelwerte in einzelnen Zonen bei Kristallen

36. Brezina an Groth, 13.12.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 4) (Herv. orig.).

37. Tschermak an Groth, 8.7.1874 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 2).

38. Tschermak hat sich ja gerade in den Jahren (1902/1903) intensiv um die Finanzierung der Grothschen CK bemüht, und so hatte die genannte kleine Arbeit wohl auch den Zweck, noch einmal öffentlich auf den Wert des geplanten Werkes hinzuweisen: Eine wirkliche Einsicht in den Zusammenhang von chemischer Zusammensetzung und Kristallform könne wohl nur "aus einer geeigneten statistischen Übersicht hervorgehen", und eine solche werde vorliegen, "wenn das von Groth vorbereitete Werk der chemischen Krystallographie vollendet ist". Vgl. Tschermak (1903), S. 399. Tschermak setzte sich in der Arbeit mit dem Problem der Polymorphie auseinander. Ähnlich wie Groth 1888, geht er von der Zusammensetzung der "Krystallmolekel" aus "mehreren chemischen Molekeln" aus. Während allerdings Groth die Polymorphie vor allem aus der unterschiedlichen Größe der Kristallmoleküle zu erklären versuchte, sieht Tschermak die Symmetrie der Kristalle bzw. deren Form in der Struktur der chemischen Verbindungen selbst vorgezeichnet. Vgl. Tschermak (1903), S. 393, 395 & 399. Vgl. hierzu auch Groth (1888), S. 6 & 10.

der homologen Kohlenstoffverbindungen hingewiesen und dieses Phänomen als "partielle Isomorphie" bezeichnet³⁹ (weswegen ihn **V. M. Goldschmidt** dann auch, zusammen mit **Groth**, an den Beginn des planmäßigen Studiums morphotroper Reihen stellte; s. o.).

Diese frühen Arbeiten **Hiortdahls** waren **Groth** auch bekannt⁴⁰. **Hiortdahl** seinerseits hat das Problem des Zusammenhangs zwischen Kristallform und chemischer Zusammensetzung allerdings zunächst nicht - oder zumindest nicht systematisch - weiter verfolgt. Erst durch seine Mitarbeit an der ZfK⁴¹ hat er es, und zwar jetzt explizit mit Bezug auf **Groths** Morphotropie, wieder aufgenommen⁴². **Hiortdahls** Arbeiten waren im wesentlichen empirische Beiträge, d. h. er hat bestimmte Gruppen von chemischen Verbindungen - vor allem Salze organischer Basen (Amine, Piperidin) - auf die Frage hin untersucht, wie weit sich diese als morphotrope Reihen verstehen lassen. Dabei gelangte er zu dem Ergebnis, daß zwar auch bei den anorganischen Verbindungen die kristallographischen Beziehungen "alle wesentlichen Charaktere mit den morphotropen gemein" haben, daß aber bei diesen eine (den organischen

39. Vgl. Hiortdahl (1865), S. 294. Für Hiortdahl war, ebenso wie für Groth, Laurents Annahme der Isomorphie in verschiedenen Kristallsystemen unstatthaft. Gleichwohl könnten auffällige "Beziehungen" zwischen der "Form der Körper stattfinden ... , welche nach der allgemein Ansicht nicht isomorph sind", und darauf eben wolle er die Aufmerksamkeit lenken. Vgl. Hiortdahl, a. a. O., S. 287f. Vgl. hierzu auch Groth (1926), S. 135; Arzruni (1893), S. 225.

40. In seinen Lebenserinnerungen findet sich allerdings kein Hinweis darauf, daß sie für sein Konzept der Morphotropie direkt bedeutsam wurden. In der Arbeit selbst wird Hiortdahl allerdings erwähnt. Vgl. Groth (1870a), S. 40. Der Briefwechsel mit Hiortdahl beginnt im Jahr 1879. Persönlich kennen gelernt hatten sich Hiortdahl und Groth aber schon spätestens im September 1878 anlässlich eines Besuches von Hiortdahl in Straßburg. Groth an Brögger, 30.7.1878 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Hiortdahl war auch im Sommer 1882 noch einmal in Straßburg. Vgl. Rosenbusch an Groth, 18.6.1882 (BSB-Hs: Grothiana X/Rosenbusch 14). Hiortdahls Namen findet sich häufig auch in der Schreibweise 'Hjortdahl'. Er selbst hat allerdings ausdrücklich die erste Form gewünscht, weswegen sie hier auch verwendet wird. Hiortdahl an Groth, 3.12.1907 (BSB-Hs: Grothiana X/Hiortdahl 35).

41. Eine erste Originalabhandlung über "organische Zinnradicale" hatte Hiortdahl Anfang 1879 angekündigt, welche dann im 4. Bd. der ZfK erschienen ist. Hiortdahl an Groth, 3.1.1879 (BSB-Hs: Grothiana X/Hiortdahl 1).

42. 1882 erinnert er an seine Untersuchungen von 1865 und verweist dabei auf Groth, welcher "mehrere derartige Beziehungen" von einem "allgemeineren Gesichtspunkte" aufgefaßt und als "Morphotropie" bezeichnet habe. Vgl. Hiortdahl (1882), S. 456.

Verbindungen vergleichbare) Erklärung derzeit noch nicht möglich sei⁴³.

Im Gegensatz zu **Hiortdahl**, für den die **Grothsche** Morphotropie letztlich doch nur ein Phänomen neben anderen geblieben war, hat sich **Groths** norwegisches 'alter ego' **W. C. Brögger**⁴⁴ - zumindest von Seiten der Mineralogen - am ausführlichsten mit dem Problem der Isomorphie und der Morphotropie auseinandergesetzt. Und ihm wurde ja dann auch von seinem Schüler **V. M. Goldschmidt** bescheinigt, daß er hierbei "den heutigen Erkenntnissen über die Beziehungen zwischen Krystallform und Zusammensetzung" am nächsten gekommen sei⁴⁵.

Brögger hielt im Frühjahrssemester 1883 neun Vorlesungen über Isomorphie und Morphotropie an der Universität in Stockholm. Wie er an **Groth** berichtet, habe er eine "neue Theorie über Isomorphie resp.[ektive] Pleomorphie" entwickelt, welche als Anhang seiner Arbeit über *Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge* (1890) zugefügt werden sollte (dort allerdings nicht erschienen ist)⁴⁶. Zum Teil, dabei allerdings "unklar und nicht richtig durchgeführt", fände sich seine Theorie auch schon in einer vorigen Arbeit im Zusammenhang mit der Behandlung der Natronfeldspäte⁴⁷. Die einzige ausführlichere Darstellung ist so

43. Vgl. Hiortdahl (1882), 461f. Bei den von ihm untersuchten organischen Verbindungen sah Hiortdahl die Ursache morphotropischer Wirkungen im Methyl (CH₃). Eine umfangreiche Untersuchung der Kristallformen homologer Verbindungen (Ammonium-Doppelsalze) legte im gleichen Jahr auch der dänische Chemiker Haldor Topsøe (1842-?) vor; ein Auszug davon ist Topsøe (1884). Hiortdahl untersuchte ferner 1887 morphotrope Reihen des Wolframats Scheelit; vgl. Hiortdahl (1887), hier S. 416-8.

44. Brögger hatte u. a. in Straßburg bei Groth studiert, bevor er 1876 Assistent von Th. Kjerulf in Christiania wurde, und er blieb mit Groth - ebenso wie mit dessen damaligem Straßburger Kollegen H. Rosenbusch - bis an sein Lebensende verbunden. Vgl. V. M. Goldschmidt, in: Brögger (1940), S. 18 (zum Verhältnis Brögger/Groth vgl. vor allem auch Kap. B. 1. 3. 2.).

45. Vgl. V. M. Goldschmidt (1927), S. 1263.

46. Die Ursache hierfür waren vor allem die Verzögerungen bei der Fertigstellung der Arbeit. Vgl. Brögger (1890a), S. xv. Die Arbeit war bereits im Sommer 1883 von Bröggers Seite soweit fertig, als es ohne die chemischen Analysen möglich war. Letztere hatte zunächst vor allem C. W. Blomstrand (?-1897) für Brögger ausgeführt, welcher sich allerdings als "ein sehr langsamer Mitarbeiter" erwiesen habe, später dann P. T. Cleve. Die Arbeit erschien so letztlich erst 1890. Brögger an Groth, 3.7.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 23).

47. Gemeint ist Brögger (1882), S. 303-5. Siehe hierzu auch Kap. B. 2. 1.

diejenige in einem Brief an **Groth** vom 3.7.1883, welche deshalb hier im Zusammenhang wiedergegeben sei:

"Die Krystalle sind aus 'physischen' Molekülen aufgebaut (Naumann, Laubenheimer, Lehmann)⁴⁸. Jede aus den nämlichen physischen Molekülen bestehende Substanz besitzt eine bestimmte und nur eine Krystallformenreihe (in so fern die Anordnung der phys.[ischen] Mol.[eküle] dieselbe ist, und die Anzahl der phys.[ischen] Mol.[eküle] eines Molekülsystems dieselbe ist; wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind treten phys.[ikalische] Isomerien auf, Metamerie, Polymerie). Zwei verschiedenen Substanzen können unter denselben Druck- und Temperaturbedingungen niemals absolut dieselbe äussere Form und dieselben absolut übereinstimmenden Strukturverhältnisse besitzen. (Eigentlich schon Haüy's alte Auffassung.) Die einzigen Ausnahmen hiervon ist innerhalb des regulären Systems möglich. - - - Wenn in einer Verbindung ein Atom oder eine Atomgruppe durch eine andere ersetzt wird, treten - ohne andere Ausnahmen als die erwähnte im regulären System - immer Änderungen in der äusseren Begrenzung eines Krystalls auf; das heisst: die neu eingetretene Gruppe hat eine formändernde, morphotropische Wirkung ausgeübt. Wenn die morphotropischen Änderungen ganz klein sind, können wir die beiden Substanzen beim Vergleich homoiomorph (nicht gern isomorph ausser im regulären System, wenn zugleich die Strukturformen hier dieselben sind, was nicht immer der Fall ist) nennen. Wenn die Änderungen grösser sind, obwohl noch, z. B. in gewissen Zonen, nähere Übereinstimmung theilweise stattfindet, können wir beide Substanzen partiell homoiomorph nennen (der Begriff eigentlich zuerst von Laurent, das nähere von Hiortdahl eingeführt). Wenn die neu eintretende Atomgruppe so grosse Änderungen bewirkt, dass kein näherer Vergleich möglich ist, sind die beiden Substanzen allomorph. Zwischen Homoiomorphie, partieller Homoiomorphie und Allomorphie sind keine scharfe Grenzen, sondern alle Übergänge denkbar. - Homoiomorphie ist - weil immer eine morphotropische Änderung stattfindet - nach meiner Auffassung nicht von Gleichheit des Krystallsystems abhängig. Das wesentliche sind nämlich die Strukturformen; diese können z. Th. in verschiedenen Krystallsystemen dieselben sein, wie schon von L. Sohncke nachgewiesen; dieselben sind auch durch mathematische Behandlung beim Variiren der absoluten Werthe gewisser Grössen aus einander theilweise ableitbar. Ganz in ähnlicher Weise, meine ich nun, dass in der That die morphotropischen Änderungen ganz gut, was die absoluten Dimensionen betrifft, klein sein können und doch das Krystallsystem ändern (Beisp. schwefelsaures, resp. selensaures Beryllium), bald grösser sein können, ohne das Krystallsystem zu ändern (Beisp. Manganit & Göthit). Wenn aber die morphotropischen Änderungen was die absoluten Dimensionen der Bestimmungselemente der Strukturformen <betrifft> im Ganzen klein sind - es sei dabei das Kr.[ystall]syst.[em] geändert oder nicht - nenne ich beide Substanzen homoiomorph. Bis jetzt habe ich nur von solchen Fällen gesprochen, in welchen ein Atom oder eine Atomgruppe vollständig in der Verbindung durch ein anderes Atom oder eine andere Atomgruppe ersetzt wird. Ganz dasselbe findet nun aber nach meiner

48. Hier bezieht Brögger sich offensichtlich wesentlich auf Lehmann (1877), hier S. 97f. Zu Lehmann s. dann vor allem Kap. B. 2. 3.

Ansicht auch dann immer statt, wenn die Ersetzung nur theilweise vor sich geht. - Auch dann werden immer morphotropische Wirkungen die absoluten Dimensionen der Elemente der Strukturformen, [d. h.] die äussere Form ändern. Wir erhalten dann 'morphotropische Mischungen'; in solchen Fällen, in welchen die beiden Verbindungen bei vollständiger Ersetzung eines Atoms oder einer Atomgruppe homoiomorph oder partiell homoiomorph sind, erhalten wir 'homoiomorphe, respektive in einigen Fällen partiell homoiomorphe Mischungen'. Die äussere Form ist nach seinen absoluten Dimensionen dabei nicht immer eine proportional dazwischen liegende in Bezug auf den seiner Zusammensetzungsglieder, sondern nur eine nah verwandte. Es sind durch diese Auffassung alle solche Fälle zu erklären, in welchen bei grosser Übereinstimmung der Winkeldimensionen früher von Ihnen und anderen Verfassern eine Isopleomorphie (Isodimorphie, Isotrimorphie etc.) zur Erklärung angegeben wurde; Expl. Feldspathgruppe, Augitgruppe, Hornblendegruppe, Natrolithgruppe etc., etc. - Bei morphotropischen Mischungen wird in manchen Fällen auffallen, dass die weniger symmetrische Einzelverbindung in der Mischung für die Form mehr massgebend ist, was auch mit meiner Theorie im Einklang steht. In so fern können wir hier mit Recht bisweilen von 'dominirenden Substanzen' sprechen (Beudant's, Fuchs's ältere Theorien). Zwei allomorphe Einzelverbindungen mischen sich nicht; in Fällen in welchen eine Mischung allomorpher Substanzen stattzufinden scheint, ist Pleomorphie vorhanden (immer?). - - - Ich werde meine jetzt recht vollständig durchgeführte Theorie durch zahlreiche Beispiele zu stützen versuchen. - Wie Sie sehen hebe ich die von Ihnen herrührende so ausgezeichnete Entdeckung der Morphotropie zuerst - nach meiner Ansicht - zu ihrer rechten Bedeutung, indem nach meiner Auffassung immer (ausser bisweilen im regulären System; auch innerhalb dieses tritt Morphotropie auf) beim vollständigen oder partiellen Austausch von Atomen oder Atomgruppen einer Verbindung durch andere Morphotropie stattfindet. Es lassen sich durch diese Auffassung nach meiner Ansicht alle Thatsachen schön erklären. Selbst manche Erscheinungen der Mimesie meine ich dadurch leichter zum richtigen Auffassen zu bringen. Ich weiss wohl, dass ehe die rechte Begründung meiner Ansichten, durch zahlreiche Beispiele etc., erscheint, wird es Manchem wohl schlecht schmecken die älteren Ansichten aufzugeben. Sie aber, der Sie ja selbst der geistreiche Schaffer der Morphotropie sind, von welcher meine Ansichten ja nur die Erweiterung ist, Sie speziell möchte ich gern bitten, dass Sie ganz ohne Vorurtheil die nähere Auseinandersetzung meiner Theorie abwarten, ehe Sie eine zu bestimmte Auffassung fest schlagen. - Anderen wird es wohl auch scheinen, dass meine Auffassung wenig Neues bringt; das ist mir einerlei, mir ist es nur um die Wahrheit zu thun. - Im Einklang mit der Theorie ist es auch, dass die Molekularvolumina zweier homoiomorpher Substanzen nicht genau übereinstimmend, sondern nur annähernd dieselben sind; es beweisen dies die genauesten Bestimmungen der Molekularvolumina, welche überhaupt bekannt sind, von O. Pettersson über die Alaune⁴⁹. - Wenn ich den

49. Vgl. O. Pettersson: Molekularvolumina von Sulfaten und Selenaten. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 9 (1876), S. 1559-66. Pettersson hatte diese Untersuchungen in den Jahren 1873-1876 der Schwedischen Akademie der Wissenschaften vorgelegt, in deren Abhandlungen sie auch zuerst veröffentlicht wurden.

Aufbau der Strukturformen der Krystalle zu physischen Molekülen hinführe, geschieht dies wesentlich um die Thatsache zu erklären, dass verschiedenartige chemische Verbindungen mitunter ganz nah übereinstimmende äussere Begrenzung zeigen, was ebenso wenig ein Zufall sein kann, als ich überhaupt Zufälligkeiten einräumen kann. Die chemische Zusammensetzung würde also nur indirekte Bedeutung haben können, obwohl eine sehr hervortretende, indem es a priori wahrscheinlich ist, dass chemisch verwandte Substanzen grössere Neigung zu übereinstimmender Anordnung innerhalb der phys.[ischen] Moleküle besitzen müssen, (welche dann wieder näher übereinstimmende Anordnung der physischen Molekülen, also Ähnlichkeit der Strukturformen, die ja die Übereinstimmung der äusseren Form bedingen) als chemisch verschiedenartige Substanzen"⁵⁰.

Bröggers Theorie des Isomorphismus bzw. der Morphotropie unterschied sich also vom Konzept **Groths** vor allem dadurch, daß für ihn die Frage nach dem Zusammenhang von chemischen und physikalischen Eigenschaften der Körper in erster Linie die nach ihrem molekularen Bau war, weniger die nach der äusseren Kristallform (was natürlich nicht bedeutet, daß letztere als von der inneren Struktur unabhängig betrachtet wurde). Dies ist auch die Ursache dafür, daß er - mehr eigentlich noch als **Groth** selbst - auf dem Boden des **Haüy'schen** Relationssatzes (oder genauer gesagt: des Konzeptes der "molécules intégrantes") stand. Eine vollkommene (strukturelle) Identität chemisch unterschiedlicher Substanzen - gleiche Druck- und Temperaturbedingungen vorausgesetzt - möchte er nicht zulassen (wiewohl er, was damit implizit gesagt ist, eine solche für potentiell, d. h. künstlich herstellbar hält). Ähnlich resultierte ja auch **Pasteurs**

50. Brögger an Groth, 3.7.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 23) (Herv. orig.). Mit diesem Schreiben weitgehend identisch ist ein Brief Bröggers an H. Rosenbusch vom 4. 7. 1883, welcher von Groth auszugsweise in der ZfK (10, 1885) abgedruckt wurde. Vgl. Brögger (1883). Brögger wollte diesen Brief vor allem auch deshalb veröffentlicht haben, da es ihm "wegen Hintze's neuerdings erschienener Abhandlung über denselben Gegenstand" (gemeint ist: Hintze, 1884) darum zu tun sei, seine "berechtigte Priorität zu behaupten". (Im "Neuen Jahrbuch für Mineralogie" hätte ihm Bauer die Aufnahme verweigert, um keinen Prioritätsstreit zu provozieren.) Zwar sei es ihm unangenehm, eine so "unreife" Zusammenfassung seiner Ansichten drucken zu lassen; da er aber jetzt auf andere Weise seine Priorität nicht retten könne, "indem merkwürdig genug, öffentliche Vorlesungen kaum in dieser Frage etwas gelten", sei er auf diese Publikation angewiesen. Zwar hätte er schon in seiner Abhandlung über "Die silurischen Etagen 2 und 3" (vgl. Brögger, 1882, S. 303-5) "recht deutlich ähnliche Ansichten ausgesprochen", habe aber doch in dem Zusammenhang nichts Ausführlicheres geben können. Brögger an Groth, 15.6.1885 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 31). Vgl. auch Brögger (1890a), S. xv.

implizites Festhalten am Prinzip **Haüys** wesentlich daraus, daß für ihn die Frage nach dem Zusammenhang von chemischen und physikalischen Eigenschaften der Substanzen von vornherein die nach der inneren (molekularen) Struktur der Kristalle war, und nicht die nach der Kristallform (vgl. Kap. B. 1. 1. 1. Anm. 130 & 131)⁵¹.

Gerade damit erhielt dann - nach **Bröggers** Auffassung - die **Grothsche** Morphotropie (vor allem auch gegenüber der Isomorphie) ihre eigentliche Bedeutung für eine moderne Mineralogie, was **Brögger** später auch öffentlich gemacht hat. Die richtige Würdigung der grundlegenden Bedeutung dieser "unsterblichen Entdeckung Groth's" werde "wahrscheinlich bald durchdringen"⁵². Für ihn war der Begriff der Morphotropie (in seinem erweiterten Sinn) gegenüber dem der Isomorphie eindeutig der maßgeblichere:

"Wenn nicht die Entdeckung der sogenannten 'Isomorphie' durch Mitscherlich der Entdeckung der Morphotropie, von welcher dieselbe ja nur einen Specialfall darstellt, vorausgegangen wäre, würde man auch wohl schon jetzt im Verständniss[!] der Relationen zwischen der Form und der chemischen Zusammensetzung der Krystalle ein Stück weiter gekommen sein"⁵³.

Dementsprechend hat **Brögger** dann seine Theorie in den folgenden Jahren, wie in seinem Brief angekündigt, durch den empirischen Nachweis morphotropischer Reihen bei verschiedenen Mineralgruppen zu belegen gesucht⁵⁴. Dabei habe er sich

51. Ähnlich haben etwa E. Mallard und O. Lehmann, für welche die Ursachen des Zusammenhangs von chemischen und physikalischen Eigenschaften ebenfalls wesentlich in der molekularen Struktur der Körper lagen, mehr oder weniger ausdrücklich das Haüysche Prinzip verteidigt. Vgl. Mallard (1876), S. 170; Lehmann (1888) I, S. 33. Vgl. auch Arzruni (1893), S. 301-3. Zum Konzept der "molécules intégrantes" bei Haüy selbst vgl. Haüy (1801) I, S. xiv-xvi.

52. Vgl. Brögger (1890a), S. xv. Maßgeblich hierfür seien dann aber nicht zuletzt auch die von ihm und Hintze hinzugefügten Erweiterungen der Lehre von der Morphotropie, welche ihrerseits wesentlich daraus resultierten, daß sie beide die Beziehungen der organischen wie der anorganischen Krystalle "aus gleichartigen Gesichtspunkten" betrachtet hätten. Vgl. dazu dann auch Hintze (1884).

53. Brögger (1890a), S. xv.

54. Die meisten hiervon finden sich in der Arbeit über die "Syenitpegmatitgänge", so etwa die Melanocerit-Cappelenit-Gruppe und die Pyroxen- und die Hornblendegruppe. Vgl. Brögger (1890a), S. 462-82; vgl. auch ebd. S. xivf. Vgl. ferner Brögger (1890b). Für die Feldspatgruppe hatte er auch schon 1882 entsprechende Beziehungen diskutiert (s. o. Anm. 47). Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, daß einer der ersten, welcher sich dann speziell der Bröggerschen (bzw. der Hintzeschen) Konzeption der Morphotropie angeschlossen hat, J. H. L. Vogt gewesen zu sein scheint. Er habe bereits 1884 in seinen Arbeiten über die Schlacken die Bröggersche Darstellung der Morphotropie-Lehre

allerdings - und dies kann jetzt auch als Kritik an dem 'rein induktiven' Vorgehen der **Grothschen** Schule gelesen werden - bemüht, "das Charakteristische und typologisch Persistente zu fixiren" bzw. davon ausgehend "die successiven Änderungen der wesentlichen Formeigenthümlichkeiten bei der successiven Änderung der chemischen Zusammensetzung" zu verfolgen⁵⁵. Nur so sei es möglich, in zweifelhaften Fällen das wirklich kristallographisch Verwandte von dem mehr zufällig Ähnlichen zu unterscheiden, und erst so würde die Erkenntnis der morphotropischen Beziehungen der Mineralien nicht nur für die Mineralogie und Kristallographie, sondern auch für die Chemie von Bedeutung werden⁵⁶.

Der markanteste Unterschied zwischen der Position **Bröggers** und derjenigen **Groths** war allerdings, daß eben **Brögger** die von **Laurent** postulierte - und von **Groth** kritisierte - 'Isomorphie in verschiedenen Systemen' zuließ⁵⁷. Schon **Hiortdahl**, der **Laurents** Annahme ebenfalls nicht gelten lassen wollte, hatte deutlich gemacht, daß dies das eigentliche Problem der Frage nach dem Zusammenhang von Kristallform und chemischer Zusammensetzung war. Er hatte auch deutlich gemacht, daß es in erster Linie die 'Chemiker' (unter ihnen auch **Pasteur**) waren, welche jener

zugrunde gelegt. (Groth wird in diesem Zusammenhang übrigens nicht erwähnt). Vgl. Vogt (1903/1904) I, S. 37-40.

55. Vgl. Brögger (1890a), S. xiv (Herv. orig.).

56. Vgl. Brögger (1890a), S. xiv. Brögger vergleicht diese Vorgehensweise mit der eines "modernen Sprachforschers", welcher sich eben auch nicht "durch eine zufällige äussere Lautähnlichkeit zur Annahme genetischer Beziehungen der Worte zweier ungleicher Sprachen verleiten" lasse, oder mit der eines Biologen, welcher "bei den oft bedeutenden Aenderungen einer organischen Formenreihe durch die successiven Entwicklungsstadien das Wesentliche" festzuhalten bemüht sei. Vgl. Brögger ebd.

57. Vgl. auch Brögger (1890a), S. xv. Die "älteren doctrinären Vorstellungen", wonach sofort, wenn sich das Kristallsystem durch Einführung einer neuen (chemischen) Gruppe ändere, nicht mehr von 'Isomorphie' gesprochen werden könne, welche "noch heute manchen Mineralogen und Krystallographen als Gespenster aus vergangenen Zeiten quälen" (womit jetzt auch Groth gemeint ist), würden wohl "im Lichte der Tatsachen bald verschwinden". Vgl. Brögger, a. a. O., S. xvf. Dementsprechend heißt es in seiner Untersuchung über die morphotropischen Beziehungen des Pinakolith und des Trimerit zu verwandten Mineralien, daß für diese ganze morphotropische Reihe "eine gewisse typologische Persistenz in mehreren Beziehungen unverkennbar" sei. Und vor allem sei diese "wie gewöhnlich ... nicht mit durchgehender Erhaltung eines bestimmten Krystallsystemes verbunden" sei, d. h. "die Persistenz der typologischen Eigenthümlichkeiten ist grösser als diejenige des Krystallsystemes". Vgl. Brögger (1890b), S. 377 (Herv. B. F.).

Auffassung zuneigten, während sich die eigentlichen Kristallographen (wie etwa **M. L. Frankenheim** und **C. F. Naumann**) dagegen ausgesprochen hätten⁵⁸.

Eine solche 'Isomorphie in verschiedenen Systemen' hat **Brögger** bereits 1882 bezüglich der Reihe der Feldspäte postuliert⁵⁹. Begründet sah er diese Annahme wesentlich in **L. Sohnckes** Definition des Isomorphismus, wonach zwei Substanzen dann als isomorph anzusehen seien, wenn sie in kristallisiertem Zustand "congruente oder nahezu congruente Strukturformen" hätten. Wenn so, "wie wohl wahrscheinlich, die Strukturformen der Molekularnetze" das "Wesentliche" seien (gegenüber dem Kristallsystem), so sei es selbstverständlich, daß diese sehr nahe dieselben bleiben könnten, auch wenn sich das Kristallsystem mit ganz kleiner Winkeldifferenz (welche bei manchen allgemein als isomorph angenommenen, in demselben System kristallisierenden Substanzen häufig sogar größer sei) von dem "monosymmetrischen in das asymmetrische System" ändere⁶⁰.

Diese Änderungen des Kristallsystems erklärte **Brögger** durch die "morphotrope Einwirkung" der verschiedenen einander ersetzenden Atomgruppen "bei Erhaltung der Strukturform"⁶¹. Dementsprechend vermutet er die Ursache dafür, daß nun - obwohl seiner Überlegung zufolge die einzelnen Glieder "theoretisch alle möglichen molekularen Mischungen mit einander eingehen können" - bestimmte Mischungen bisher nicht nachgewiesen seien, in der chemischen Zusammensetzung; das Vorherrschen der Kaliverbindung scheine die äußere Form als eine monosymmetrische zu bestimmen, die Natron- oder die Kalkverbindung dagegen scheine eine asymmetrische Form zu bedingen, deren Wikel sich denen des Albits oder des Anorthits näherten. Ebenso nun, wie offensichtlich die "äußere Form", d. h. die "Winkeldimensionen" von der jeweiligen Mischung abhängig zu sein scheine, sollte auch in optischer Beziehung eine bestimmte Abhängigkeit zu erwarten sein, "welche

58. Vgl. Hiortdahl (1865), S. 287.

59. Vgl. Brögger (1882), S. 303.

60. Vgl. Brögger (1882), S. 303. Dem möglichen Einwand, daß die Übereinstimmung der Strukturformen letztlich nicht eindeutig nachgewiesen sei, begegnete Brögger mit der Feststellung, daß es doch sehr unwahrscheinlich sei, daß so nahe verwandte, analog konstituierte Verbindungen, welche zudem in den Winkeldimensionen und den übrigen kristallographischen Eigenschaften so große Ähnlichkeiten zeigten, "wesentlich verschiedene Strukturformen besitzen sollten". Vgl. Brögger, a. a. O., S. 304.

61. Vgl. Brögger (1882), S. 303.

zwischen Orthoklas und Anorthit als äusserste Glieder eine kontinuierliche Reihe voraussetzen würde", und nach **Schusters** Untersuchungen an Kalknatronfeldspäten scheine sich dies auch zu bestätigen⁶².

Auch **Groth** hat wohlgemerkt morphotrope Beziehungen 'über Kristallsysteme hinweg' zugelassen⁶³. Aber in seinem Verständnis bildeten die Kristallsysteme doch gewissermaßen 'natürliche Verwandtschaftsgrenzen', so daß Beziehungen über diese Grenzen hinweg doch eher die Ausnahme als die Regel sein müßten. Auch er sei damit einverstanden, so schrieb **Groth** in Antwort auf **Bröggers** neue Theorie, "dass zwischen Isomorphie, partieller Homöomorphie resp. Morphotropie keine scharfe Grenze existirt", wobei dann allerdings für ihn eher die "Homöomorphie ... nur ein spezieller Fall" ist, d. h. "dass z. B. zwei ähnliche Metalle durch ihren Eintritt eine sehr ähnliche Aenderung hervorbringen". Und vor allem vermochte **Groth** "noch nicht ganz" einzusehen, wie **Brögger** etwa "bei der Felspath-, Augit- u. a. Gruppen ohne Dimorphie auskommen" wollte⁶⁴.

Eine der Ursachen für diese Differenzen zwischen **Brögger** und **Groth** war, daß für ersteren, wie oben gesagt, daß Problem der Morphotropie bzw. der Isomorphie - oder besser gesagt: des Zusammenhangs von Chemismus und physikalischen Eigenschaften - vor allem ein Problem des molekularen Baus der Kristalle war (wobei die Kristallform dann eben eher Folge dieses Zusammenhangs als dessen 'natürliche Ursache' war). **Brögger** erwies sich hier also (wie dies auch **V. M. Goldschmidt** angedeutet hatte; s. o.) als der 'modernere' Mineraloge, und zwar auch in sozusagen 'naturphilosophischer' Hinsicht. Für **Brögger** war die Frage nach der Isomorphie bzw. der morphotropen Beziehungen der Körper letztlich eine relative, insofern als sie weniger von der 'Natur' der Mineralien selbst abhing, als vielmehr von bestimmten - keineswegs unveränderlichen - Bedingungen. Wenn er eine vollkommene (strukturelle) Identität chemisch unterschiedlicher Substanzen nicht zulassen mochte (und deshalb das **Haüysche** Prinzip verteidigt), so galt dies, wie er ausdrücklich sagte, streng genommen nur für gleiche Druck- und Temperaturbedingungen.

62. Vgl. Brögger (1882), S. 303. Gemeint sind die Untersuchungen von M. Schuster zur "optischen Orientierung der Plagioklase". Vgl. Schuster (1880); vgl. auch Schuster (1879).

63. Vgl. etwa Groth (1904), S. 36-43.

64. Groth an Brögger, 1.11.1883 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

Daraus folgte, daß bei einer entsprechenden (künstlichen) Variation dieser Bedingungen eine solche Identität durchaus 'produzierbar' sei. Damit stimmt zusammen, daß **Brögger** der chemischen Zusammensetzung (also der 'Natur') der Körper nur mehr eine relative Bedeutung gab: wesentlich war ihm nicht mehr die konkrete stoffliche Zusammensetzung, sondern die Anordnung der Atome im "physischen Molekül" (vgl. hierzu auch Teil. C.).

Die Abhängigkeit der Kristallform bzw. der physikalischen Eigenschaften einer Substanz (nicht nur von der stofflichen Zusammensetzung, sondern auch) von den Druck- und Temperaturbedingungen⁶⁵, war natürlich auch **Groth** bewußt. Eine maßgebliche Rolle spielte sie allerdings bei ihm - im Gegensatz etwa zu seinen Schülern **O. Lehmann** und später vor allem auch **V. M. Goldschmidt** - nicht. **Groths** Chemische Kristallographie basierte immer implizit auf der Voraussetzung, daß es eine bestimmte (begrenzte) Anzahl von Körpern gibt, welche 'ihrer Natur nach' in einer isomorphen bzw. morphotropen Beziehung stehen; diese galt es zu bestimmen, unabhängig davon, wie weit diese Beziehungen 'künstlich manipulierbar' waren. In seiner *Einleitung in die Chemische Krystallographie* (1904) kommt diese Haltung zur 'Moderne' deutlich zum Ausdruck, wenn er sagt:

"Die Erforschung der Abhängigkeit der Eigenschaften der krystallisierten Körper von ihrer chemischen Natur gehört offenbar in das Gebiet der physikalischen Chemie, deren Vertreter sich indes in der Periode der raschen Entwicklung dieser Wissenschaft vorwiegend mit dem Studium der amorphen Substanzen (besonders der Lösungen) beschäftigt haben. Erst in neuester Zeit begannen dieselben ihre Aufmerksamkeit auch den krystallisierten Körpern zuzuwenden, und es sind namentlich über die sogenannten 'Mischkrystalle' zahlreiche Arbeiten erschienen, welche sich aber meist entweder auf theoretische Herleitungen aus der Phasenlehre oder auf Bestimmungen und Discussion von Schmelzkurven beschränkten. So wertvoll derartige Untersuchungen sind, so können sie doch eine exacte Prüfung der Krystallisationsproducte selbst nicht ersetzen, wie daraus hervorgeht, daß auf Grund von Schmelzkurven ihrer Mischungen Substanzen als "isomorph" bezeichnet worden sind, von deren krystallographischen Beziehungen nichts bekannt ist. Es kommt dies daher, daß die an den amorphen Körpern erkannten Gesetze nicht ohne weiteres auf die principiell von jenen so verschiedenen krystallisierten Körper angewandt werden können, und daß namentlich unter dem Begriffe "feste Lösungen" ganz verschiedenartige Dinge zusammengeworfen werden, deren Unterscheidung noch weitere Untersuchungen erfordert"⁶⁶.

65. Letzere hatte ja auch schon sein 'Vorbild' Mitscherlich diskutiert. Vgl. Mitscherlich (1825; 1827).

66. Groth (1904), S. iiif. (Herv. B. F.).

Diese Haltung **Groths** zur 'Moderne' manifestierte sich auch in seinem Verhältnis (bzw. dem seines Konzeptes der *Morphotropie*) einerseits zur Stereochemie, andererseits zur Kristallphysik seiner Zeit. Gewissermaßen exemplarisch hierfür können seine Beziehungen zu **J. H. van't Hoff** (1852-1911) und dem Königsberger Physiker **Woldemar Voigt** (1850-1919) als den maßgeblichen Vertretern jener beiden Disziplinen stehen. 7.

Die Anfänge der Stereochemie, der Lehre von der räumlichen Anordnung der Atome in chemischen Verbindungen, fielen in etwa mit denen der Morphotropie zusammen, was in erster Linie aus ihren weitgehend identischen wissenschaftshistorischen Wurzeln folgte. 1874, vier Jahre nach **Groths** Publikation der Morphotropie, formulierte **van't Hoff** sein Programm der Stereochemie, deren eigentliche Frage sich, analog der der Chemischen Kristallographie **Groths**, als die nach dem Zusammenhang zwischen den physikalischen Eigenschaften und der chemischen Konstitution der Stoffe verstehen läßt. **Van't Hoff** konnte (wie im gleichen Jahr, und unabhängig davon, auch **J. A. Le Bel**) zeigen, daß die optische Aktivität der von **Pasteur** untersuchten *racemischen Traubensäure* von dem Vorhandensein eines oder mehrerer *asymmetrischer Moleküle* bzw. eines "asymmetrischen Kohlenstoffatoms" abhängig ist⁶⁷. 1 V [Eusw.!] ↓

Im Verlauf seiner Darstellung führte **van't Hoff** auch das Phänomen der "Circularpolarisation" an: Diese sei "durchaus nur abhängig von der Krystallform und nicht von der chemischen Qualität des optisch activen Körpers", was dadurch erwiesen sei, "dass derartige feste Körper, sobald sie in Lösung sind, keine Einwirkung auf das polarisirte Licht zeigen"⁶⁸. **Van't Hoff** berief sich hierbei u. a. auf eine entsprechende Arbeit von **Groth**, welche dieser 1869 im Labor von **Magnus** in Berlin ausgeführt und die **G. Rose** am 18. 2. 1869 der Akademie der Wissenschaften vorgelegt hatte, nachdem er sich darüber auch einige Tage zuvor

67. Vgl. van't Hoff (1877), S. 30. Van't Hoff hatte seine Hypothese zunächst in einer kleinen Broschüre in niederländischer Sprache veröffentlicht (van't Hoff, 1874). Ein Jahr später erschien die Schrift in französischer Sprache ("La chimie dans l'espace", Rotterdam 1875). Eine überarbeitete Ausgabe in deutscher Sprache (welche hier zugrunde gelegt ist) besorgte 1877 F. Herrmann (unter Mitwirkung von van't Hoff und mit einem Vorwort von J. Wislicenus). Vgl. hierzu auch Dunsch, in der Einführung zu van't Hoff (1884), S. 9f.; Groth (1926), S. 134.

68. Vgl. Van't Hoff (1877), S. 33 (Herv. B. F.). Vgl. hierzu auch Schütt (1984), S. 208.

noch einmal mit **Groth** besprochen hatte⁶⁹. **Groth** hat dort den Zusammenhang von Kristallform und Zirkularpolarisation am Quarz und am "überjodsauren Natrium" untersucht und dabei für diesen "Zusammenhang von Krystallform und Drehung" eine "allgemeine" Geltung postuliert⁷⁰. (Bei **Groth** ist hier wohlgemerkt nur von den kristallographischen Merkmalen die Rede, nicht von dem Molekülbau oder einer - wie auch immer beschaffenen - Lagerung der Atome zueinander.)

Groth und **van't Hoff** standen in diesen Jahren auch in ⁷ persönlichen ^{Tru} Kontakt. **Van't Hoff** war 1878 Ordinarius für Chemie ^{lm} an der Universität Amsterdam geworden. Er hatte dort zusätzlich Mineralogie und Geologie zu vertreten⁷¹, und aus diesem Grund absolvierte er im Sommer 1878 bei **Groth** als dem führenden Mineralogen und Kristallographen dieser Zeit in Straßburg ein kristallographisches Praktikum⁷². Beide waren dann in den folgenden Jahren auch zumindest brieflich in Verbindung geblieben⁷³.

69. Rose an Groth, 21.2.1869 (BSB-Hs: Grothiana X/Rose 3). Kurz darauf hatte Rose aber dann doch noch einige kleine Bedenken anzumelden (und zwar bezüglich Groths Unterscheidung von "congruenten" und "enantiomorphen Hemiëdrien", worauf jetzt hier aber nicht eingegangen zu werden braucht). Rose an Groth, 26.2.1869 (BSB-Hs: Grothiana X/Rose 4).

70. Vgl. Groth (1869), hier S. 147f. Vgl. auch Groth (GLE), S. 70.

71. Dies sollte sich später vor allem auch in seinen Arbeiten über die ozeanischen Salzablagerungen niederschlagen. Vgl. van't Hoff (1905/1909); van't Hoff/Meyerhoffer u. a. (1897-1908).

72. Dies ist wenig bekannt, und es wurde, soweit ich sehe, nur erwähnt von Dunsch, in van't Hoff (1884), S. 13. Bei Jorissen/Reicher (1912) etwa konnte ich keinen Hinweis auf Groth finden. Van't Hoff war im Sommer 1878 in Straßburg. Van't Hoff an Groth, 21.8.1878 & 16.10.1903 (BSB-Hs: Grothiana X/Hoff 1 & 21). Möglicherweise haben beide sich auch schon früher persönlich kennen gelernt; darüber geben die mir vorliegenden Quellen allerdings keine Auskunft. Später hat van't Hoff dann auch geschrieben, daß es vor allem Groths Unterricht gewesen sei, welcher bei ihm "lebhaft das Interesse in Krystallographie ... erregt" habe. Van't Hoff an Groth, 5.8.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Hoff 7). Ein konkretes Ergebnis des Aufenthalt von van't Hoff in Straßburg waren kristallographische Untersuchungen einiger Platojodonitrite (zusammem mit Groth u. a.). Vgl. Groth (1880), S. 492f.

73. 1883 hat van't Hoff Groth eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit über die Umwandlungstemperatur des Schwefels und deren Abhängigkeit vom Druck gesandt (vgl. Reicher, 1884). Van't Hoff an Groth, 5.8.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Hoff 7). Van't Hoff hatte sie Groth angeboten, weil sie sich wesentlich auf die (in der ZfK publizierten) Untersuchungen O. Lehmanns über physikalische Isomerie bezog (vgl. Lehmann, 1877); dies war allerdings auch, soweit ich es übersehe, die einzige der in van't Hoff's Amsterdamer Laboratorium ausgeführten Arbeiten, welche in der ZfK publiziert wurde. Später hat van't Hoff Groth vereinzelt

Eine engere fachliche Beziehung zwischen **Groth** und **van't Hoff** hat sich allerdings nicht entwickelt. Die Ursache hierfür war, daß beide zwar im Grunde die gleiche Frage - (die eben nach dem Zusammenhang von physikalischen Eigenschaften und chemischen Konstitution der Stoffe - gestellt haben, daß sie diese aber völlig verschieden verstanden haben und damit auch unterschiedlich beantworten mußten⁷⁴. **Groths** Morphotropie entstand weitgehend aus den gleichen wissenschaftshistorischen Wurzeln wie die Chemie **van't Hoff's**. Während aber **van't Hoff** jene Frage von Beginn an als die nach dem molekularen bzw. atomaren Bau sowie als die nach den Bildungsbedingungen der Körper verstand, blieb sie bei **Groth** immer an deren (äußere) Kristallform gebunden⁷⁵.

um Mineralien (z. B. für seine Untersuchungen über die Bildung der Salzmineralien bzw. -lagerstätten) oder auch um Auskünfte bezüglich kristallographischer Instrumente gebeten. Van't Hoff an Groth, 4.10.1896 [Datum des Poststempels] & 1.12.1903 (BSB-Hs: Grothiana X/Hoff 13 & 22).

74. Den Ursachen dieser unterschiedlichen Haltungen gegenüber einer an sich identischen Frage kann hier nicht weiter nachgegangen werden. Es sei aber zumindest angemerkt, daß hierfür nicht zuletzt der jeweilige soziale Kontext zu sehen wäre. Einige wertvolle Anregungen hinsichtlich des entsprechenden Kontextes der Chemie **van't Hoff's** bzw. überhaupt der Entwicklung der Naturwissenschaften in den Niederlanden in den 70-er und 80-er Jahren gibt (am Beispiel der Mutationstheorie von H. de Vries) etwa Theunissen (1994), hier vor allem S. 294-302.

75. Gewissermaßen exemplarisch für diesen Gegensatz steht eine kleine Diskussion, die sich 1904 zwischen **Groth** und **van't Hoff** um die Zusammensetzung des Kalium/Natrium-Sulfats Glaserit entwickelt hat. Glaserit war zu dieser Zeit im Münchner Labor durch B. Goßner untersucht worden, welcher dabei für diesen eine konstante Zusammensetzung mit der Formel $K_3Na(SO_4)_2$ angenommen hat (wie diese ja auch heute gilt; vgl. Strunz, 1941, S. 129). **Van't Hoff** dagegen nahm - mit Rücksicht auf Analysen anderer Autoren, welche vor allem auch die Bildungsbedingungen untersucht hatten - für den Glaserit einen variablen Gehalt von Kaliumsulfat an. Van't Hoff an Groth, 21.4.1904 (BSB-Hs: Grothiana X/Hoff 23). Zu einer Entscheidung scheinen beide aber in dem sich anschließenden Briefwechsel nicht gekommen zu sein. Jedenfalls schlägt **van't Hoff** dann 1906 einen anderen Lösungsweg vor: "Ich schlage eine gemeinschaftliche Reise nach Delphi vor, die nachträglich von demjenigen den die Götter verurteilen bezahlt wird". Van't Hoff an Groth, 19.1.1906 (BSB-Hs: Grothiana X/Hoff 26). Einige Monate später hat **van't Hoff** dann auch vorgeschlagen, "das vollständige Studium des gegenseitigen Verhaltens von Kalium- und Natriumsulfat bis zum Schmelzpunkt, mit Berücksichtigung des Einflusses der Ausscheidungsgeschwindigkeit auf die Zusammensetzung" zum Gegenstand einer Preisaufgabe einer "wissenschaftlichen Gesellschaft" zu machen. Van't Hoff an Groth, 26.5.1906 (BSB-Hs: Grothiana X/Hoff 28). Wie weit dieses Vorhaben zur Ausführung gelangte, ist allerdings den Quellen nicht zu entnehmen.

In seinem Konzept der Morphotropie ging es **Groth** primär um die (chemische) Substitution, d. h. den regelmäßigen Austausch einzelner Bestandteile, und die damit zusammenhängenden Veränderungen der äußeren Kristallform. Am deutlichsten hat er noch in dessen erster Fassung auch von Änderungen im Bau des Moleküls gesprochen⁷⁶. Später hat **Groth** allerdings diesen Gedanken nicht mehr systematisch weiter verfolgt⁷⁷. Er hat sich eigentlich auch nur einmal explizit zur *Molekularbeschaffenheit der Krystalle* geäußert, nämlich in einer öffentlichen Festrede anlässlich des 129. Stiftungstages der Akademie der Wissenschaften in München im Jahr 1888.

Unter der "Molekularbeschaffenheit der Krystalle" verstand er dort vor allem den Aufbau der Kristalle aus den sogenannten *Krystallmolekülen*, gewissermaßen den Grundbestandteilen der Kristalle, welche ihrerseits aus *chemischen Molekülen* aufgebaut seien⁷⁸. Mittels der Größe und der relativen (räumlichen)

76. So hatte er ja als eine der vier Ursachen, von welchen der "Betrag der morphotropischen Kraftäußerung" abhängt, die "relative Stellung der neu eintretenden Gruppe zu den anderen Atomen des Moleküls" genannt. Vgl. Groth (1870a), S. 40; vgl. auch Groth (1871), S. 241; vgl. auch Kap. B. 1. 1. 1. In seinen "Lebenserinnerungen" hat Groth diesen ursprünglichen Gedanken dahingehend formuliert, daß die "Art und Grösse der [kristallographischen; B. F.] Änderung abhängen müsse nicht nur von der Natur der in das Molekül eintretenden Atomgruppe, sondern auch von der Beschaffenheit des der Substitution unterworfenen Körper und dem Orte, in dessen Molekül, an welchem die Substitution stattfand". Vgl. Groth (GLE), S. 72 (Herv. B. F.).

77. Eine der Ursachen hierfür mag die Kritik gewesen sein, die van't Hoff's Stereochemie erfahren hat, und zwar vor allem durch den Chemiker Hermann Kolbe (1818-1884). Kolbe hatte etwa selbst die Entstehung organischer Verbindungen aus unorganischen durch einfache Substitutionsvorgänge zu erklären versucht, und zwar mit dem Ziel einer "naturgemäßen Classification der organischen chemischen Körper". Vgl. Kolbe (1860), hier S. 293-9. In van't Hoff's Kohlenstofftetraeder konnte er aber dann nur eine unzulässige Vereinfachung der natürlichen Verhältnisse sehen, ähnlich wie er schon gegen C. F. Gerhards "Typen" eingewandt hatte, "daß die Natur sich nicht darauf beschränke, nur Variationen auf vier Themen (jene Typen) zu machen". Vgl. Kolbe (1860), S. 293. Zu Kolbes Kritik an van't Hoff vgl. auch van't Hoff (1878), S. 3-5.

78. Vgl. Groth (1888), hier vor allem S. 4f., 7-10 & 23-6. Die hier entwickelte Auffassung bewegt sich im Rahmen der zeitgenössischen Vorstellungen. In sehr viel präziserer Form findet sich eine entsprechende Theorie vor allem bei seinem ehemaligen Schüler O. Lehmann (vgl. Lehmann, O., 1888/1889) sowie ein Jahr später auch bei V. Goldschmidt dargelegt; vgl. V. Goldschmidt (1889); s. auch Kap. B. 2. 2. & 2. 3. Daß Groth hier evtl. das Manuskript von Goldschmidt schon gesehen hat, läßt sich nicht belegen. In der Korrespondenz erwähnt ist es nur einmal im Juli 1889, indem Goldschmidt den Empfang der Korrektur bestätigte. V. Goldschmidt an Groth, 10.7.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 16). Die Theorie des Aufbaus der Kristalle aus

Anordnung dieser Krystallmoleküle versuchte er die einschlägigen Phänomene (Dimorphie, Isomorphie, Morphotropie usw.) zu erklären⁷⁹. Die "räumliche Anordnung der Krystallmoleküle" ist dabei mit Bezug auf das **Bravais**sche Raumgitter formuliert, d. h. mit Bezug auf dessen Annahme, daß die Schwerpunkte der Krystallmoleküle ein solches "räumliches Netz mit parallelepipedischen Maschen" bildeten⁸⁰. Wenngleich **Groth** dann auch am Ende darauf hinwies, daß der Aufbau der Kristalle letztlich durch die "Natur der Krystallmoleküle selbst" bedingt sein müsse, so hat er die Frage nach deren Natur doch nie wirklich gestellt, was seine Ursache vor allem darin hatte, daß wir die "Krystallmoleküle" wegen "ihrer Kleinheit" wohl "niemals mit unseren Sinne werden erfassen können"⁸¹. Die Frage nach dem

"Kristallmolekeln" findet sich weiter bei Tschermak (1903), S. 393.

79. In einer unterschiedlichen Größe der Krystallmoleküle sieht **Groth** so die Ursache des Dimorphismus (z. B. des rhombischen bzw. monosymmetrischen Schwefels), während diejenigen der isomorphen bzw. morphotropen Körper gleich oder nahezu gleich seien. Vgl. Groth (1888), S. 5-9 & 12-4. Wesentlich an **Groth**s Theorie ist weiter, daß die "Krystallmoleküle" im Kristall nicht, wie es die **Bravais**sche Theorie verlange, notwendig in paralleler Anordnung vorliegen müssen. Diese könnten vielmehr auch aus "Krystallmolekülen ... verschiedener Stellung zusammengesetzt" sein, d. h. auch "Krystallmoleküle verschiedener Orientierung" könnten ein "im Gleichgewicht befindliches System bilden". Vgl. Groth (1888), S. 17. Dies ist vor allem von Bedeutung im Hinblick auf die sogenannten optisch anomalen Kristalle, d. h. jener Kristalle, welche von ihrer Form her die Symmetrieverhältnisse des regulären, tetragonalen oder hexagonalen Systems zeigen, deren optische Eigenschaften aber mit dieser Form im Widerspruch zu stehen scheinen. **E. Mallard** hatte diesen Widerspruch 1876 durch die Annahme eines zwillingsartigen Aufbaus dieser Kristalle zu lösen versucht. Vgl. Mallard (1876). Von dieser Arbeit (die er immer wieder als Markstein der Kristallographie anführte) hat **Groth** auch einen ausführlichen Auszug in der ZfK abgedruckt. Vgl. Groth (1877c), hier S. 309-11. Dazu auch Mallard an Groth, 5.6.1877 & 11.8.1877 (BSB-Hs: Grothiana X/Mallard 2). Vgl. auch Groth (1926), S. 117f. Diese optisch anomalen Kristalle erklärt **Groth** jetzt hier eben durch eine nicht parallele Anordnung der "Krystallmoleküle". Vgl. Groth (1888), S. 19-21.

80. Vgl. Groth (1888), S. 15f. **Groth** merkte hier an, daß es nach den Arbeiten von **W. Voigt** zur Elastizität von Kristallen allerdings nicht mehr zulässig sei, für die Kristallmoleküle einfach deren Schwerpunkte zu setzen, sie gewissermaßen als "materielle 'Punkte'" anzusehen; vielmehr sei hier der "starre Körper" zu berücksichtigen, welcher den Schwerpunkt umgibt. Vgl. Groth (1888), S. 14f. **Voigt** hatte seine Auffassung der Moleküle auch einige Monate früher gegenüber **Groth** selbst dargelegt. Voigt an Groth, 29.10.1887 (BSB-Hs: Grothiana X/Voigt 9).

81. Vgl. Groth (1888), S. 27f. Vgl. in diesem Sinne dann auch das (kurze) Kapitel über die "Molekülverbindungen" in Groth (1904), S. 69-78.

(räumlichen) Bau der Moleküle selbst ist also in **Groths** Chemischer Kristallographie, wenn man will, zumindest implizit gestellt. Ihren Gegenstand bzw. ihre Aufgabe bildete sie nie.

Auffällig ist dann weiter, daß bei **Groth** - zumindest eben in jener Abhandlung von 1888 - der Begriff des Atoms bzw. des atomaren Baus der Kristalle letztlich keine Rolle spielte. Dies ist nicht ungewöhnlich für die Zeit (vgl. hierzu vor allem auch Kap. B. 2. 2. & 2. 3.). Es sei aber zumindest daran erinnert, daß **Groths** Berliner Lehrer in Philosophie bzw. sein Prüfer im Rigoroseum **Friedrich Harms** (1819-1880)⁸² gewesen ist, ein bekannter Verfechter der **Kantschen** dynamischen Materiekonstruktion bzw. ein Kritiker des Atomismus. Dessen Kritik richtete sich allerdings in erster Linie gegen den von ihm so genannten "qualitativen Atomismus", nicht gegen den "quantitativen Atomismus"⁸³. Und vor allem richtete sie sich nicht gegen den gewissermaßen 'pragmatischen Atomismus' der empirischen Naturwissenschaften: Dort, namentlich in der Chemie, werde das Wort 'Atom' oft in einem viel weiteren Sinne genommen, nämlich im Sinne von "Gewichtstheil, Mischungsgewicht". Dagegen lasse sich "natürlich nichts einwenden". Man könne das Wort auch in einem solchen unbestimmten und weiteren Sinne anwenden; nur müsse man dann auch wissen, daß damit noch keine Atomistik gegeben sei. Seine Kritik des Atomismus sei aber auf jeden Fall "kein Streit gegen Atome in diesem Sinne von Molekülen"⁸⁴. Und eben in dieser letzteren Bedeutung hat **Groth** den Begriff des Atoms gewöhnlich genommen. Er gebrauchte die Atomistik in dem Sinne, wie sie eben **Harms** für - zumindest in pragmatischer Hinsicht - durchaus zulässig erklärte, nämlich "mehr als ein Versinnlichungs-, denn als ein untrügliches Erkenntnismittel. ... als methodisches Hilfsmittel, nicht aber als ausgemachte Metaphysik"⁸⁵. Noch etwas deutlicher, und ebenfalls implizit im Sinne von **Groth**, formulierte dies später **H. Vaihinger**, wobei er sich auffälligerweise auch gerade - neben **M. Faraday** - auf **Harms** und auf **Groths** Berliner Lehrer **G. Magnus** sowie auf den **Groth** ebenfalls aus seiner Berliner Zeit bekannten **E. Dubois-Reymond**

82. Friedrich Harms war seit 1858 Professor der Kantischen Philosophie in Kiel und Berlin. Seine Werke stehen vor allem in der Tradition von Kant und Fichte; es zeigen sich aber auch Einflüsse von Schelling und Hegel.

83. Vgl. Harms (1868), S. 250; vgl. auch S. 230-45.

84. Vgl. Harms (1895), S. 111. Vgl. auch Harms (1868), S. 252.

85. Vgl. Harms (1868), S. 252.

bezog. "Die Atomistik", so heißt es bei **Vaihinger**, "dient besonders dazu, unsinnlichen Begriffen, z. B. dem der Kraft eine sinnliche Grundlage zu geben, und noch geheimnisvolle Vorgänge, z. B. chemische Mischung, Kohäsion, Krystallisation u. s. w. in der Phantasie vorstellig zu machen, ohne dass bei dieser Verwendung aus dem subjektiv-methodologischen Hilfsmittel eine objektiv-metaphysische Realität gemacht würde"⁸⁶.

Sinngemäß gilt das bisher Gesagte nun auch für **Groths** Stellung zur Kristallphysik seiner Zeit. **Groth** hatte sich gerade auch mit seinen Arbeiten zur *Physikalischen Krystallographie* den Ruf erworben, einer der führenden Mineralogen und Kristallographen seiner Zeit zu sein. Nach eigener Aussage hat er erstmals an einer deutschen Universität Vorlesungen über "physikalische Kristallographie" gehalten; zuerst im Sommersemester 1870 an der Berliner Bergakademie und dann regelmäßig ab 1872 als Professor für Mineralogie an der Universität Straßburg⁸⁷. Aus diesen Vorlesungen war seine *Physikalische Krystallographie* entstanden, deren erste Auflage 1876 erschien⁸⁸. Von der dritten Auflage (1895) an hat er dort

86. Vgl. Vaihinger (1911), S. 450; vgl. hierzu dann auch Harms (1868), S. 252.

87. Vgl. Groth (GLE), S. 82f. Vgl. auch Groth (1921a), S. iii. Bereits 1839 soll allerdings, wie Groth hier auch berichtete, M. L. Frankenheim (dessen Interesse vor allem den mit der Kohäsion in Zusammenhang stehenden Eigenschaften der Kristalle geglitten hatte) an der Breslauer Universität eine Vorlesung über "physikalische Krystallkunde" angekündigt haben, wobei jedoch nicht bekannt ist, ob diese Vorlesung tatsächlich gehalten wurde. Vgl. auch Groth (1926), S. 247.

88. Die "Physikalische Krystallographie" scheint allerdings schon im Sommer 1874 mehr oder weniger abgeschlossen gewesen zu sein. Zumindest schrieb ihm G. Tschermak schon im Juli, daß sein "Lehrbuch der physikalischen Krystallographie ... in der That allen Mineralogen ein höchst erwünschtes Geschenk" sei. Tschermak an Groth, 8.7.1874 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 2).

- vor allem unter dem Einfluß der Arbeiten von **L. Sohncke** (1879)⁸⁹, **E. Fedorov** (1890) und **A. Schoenflies** (1891)⁹⁰ - die mathematisch abgeleitete Einteilung der Kristallformen in 32 Symmetrieklassen (und damit eben auch die Strukturtheorie der Kristalle) aufgenommen⁹¹, womit die *Physikalische Krystallographie* für Jahrzehnte zu einem der führenden Lehrbücher ihrer Art wurde⁹².

89. Sohncke hatte schon nach der ersten Auflage einige Kritikpunkte gegenüber Groth angemeldet, die dieser dann auch in der zweiten Auflage (1885) - zumindest teilweise - berücksichtigen konnte. Im März 1885 kündigt er Sohncke die zweite Auflage an, wobei er die Hoffnung aussprach, daß sein Buch auch für die Physiker von (zumindest praktischem) Nutzen sein werde: "Sehr befriedigt kann ich Ihnen mittheilen, daß ich vor einigen Tagen den letzten Federstrich an der 2. Aufl. meiner Krystallographie gethan habe. ... Ich hoffe, daß Sie manche Mängel der ersten Auflage beseitigt finden werden. Anderes habe ich aus pädagogischen Gründen beibehalten, oder, weil Ihre Einwendungen mich nicht ganz überzeugten. ... Mehr als der theoretische Theil wird Sie vielleicht der Abschnitt über krystallographische Methoden und Apparate interessieren, den ich fast ganz umgeschrieben habe und von dem ich hoffe, daß er dem Buch auch Eingang in die physikalischen Laboratorien als Anleitung angehender Laboranten verschaffen wird". Groth an Sohncke, 29.3.1885 (BSB-Hs: Grothiana IX/Sohncke 3).

90. Vgl. etwa Fedorov (1892). Vgl. hierzu auch Burckhardt (1988), hier S. 65-93.

91. Vgl. auch Steinmetz/Weber (1939), S. 37-9.

92. Zu dieser Neukonzeption der "Physikalischen Krystallographie" hatte Groth sich schon im Sommer 1892 entschlossen, wie er Brögger berichtete: "Jetzt bin ich beschäftigt mit den Vorarbeiten der 3. Auflage meiner Krystallographie, deren geometrischer Theil ganz neu werden soll. Ich habe nämlich im letzten Sommer mich überzeugt, dass es sehr gut geht, die Kryst.[allographie] so zu lehren, wie es allein rationell ist: ... wobei die flächenreichen Formen aus den einfachen aufgebaut werden. Bisher hat man immer mit den complicirten begonnen und daraus durch Hemiëdrie, Hemimorphie etc. die einfachen abgeleitet. Dies ist ganz unnöthig und ich hoffe, dass durch die neue Darstellung in meinem Buche die Sache viel klarer und einfacher wird. Nachdem die Symmetrieverhältnisse der Krystalle durch Hessel, Gadolin u. A. vollkommen mathematisch festgestellt sind, ist es zu verwundern, dass Niemand auf diese einfache Consequenz gekommen ist, ausser Tschermak und ich gleichzeitig, was mir T.[schermak] in den Ferien bei einem mehrtägigen Besuch mittheilte". Groth an Brögger, 22.12.1892 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Die Neufassung der "Physikalischen Krystallographie" brachte Groth dann auch, trotz einzelner Kritikpunkte, das uneingeschränkte Lob seiner Fachkollegen ein. Für N. Story Maskelyne ist die Neufassung "more like a new work than a new edition". Maskelyne an Groth, 15.11.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/Maskelyne 6). Und G. Tschermak glaubt, daß die "vorgenommenen Änderungen ... gewiß dazu beitragen" werden, "das Studium unserer Wissenschaft zu vertiefen und auszubreiten". Tschermak an Groth, 13.7.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 33). F. Becke zeigte sich erfreut über die von Groth "acceptirte Reform der krystallographischen Nomenclatur", hat allerdings im

"Physikalische Krystallographie", das hieß für **Groth** in erster Linie Bestimmung der optischen, thermischen, magnetischen und elektrischen Eigenschaften bestimmter Mineralien. Wenngleich dabei dann auch die in den ersten beiden Auflagen noch strikte Trennung zwischen den physikalischen und den geometrischen Eigenschaften in der vierten Auflage (in der diese jetzt als "allgemeine" und "specielle physikalische Krystallographie" erscheinen⁹³) nicht mehr gegeben ist, oder wenn **Groth** jetzt auch das "Rationalitäts- und Zonengesetz" - als "direkt" aus der Theorie der Kristallstruktur folgend - nicht mehr als "Erfahrungsgesetz" behandelte, sondern es jetzt eben unter die "allgemeine physikalische Krystallographie" stellte⁹⁴, so blieb sein Werk doch letztlich eine "physikalische Kristallographie" - zur eigentlichen "Kristallphysik" wurde sie nicht.

In diesem Sinne ist es auch zu verstehen, wenn fünf Jahre später **W. Voigt** (1850-1919) in seinem *Lehrbuch der Kristallphysik* (1910) über das **Grothsche** Werk schrieb, daß dieses "hauptsächlich

Einzelnen auch Kritik anzumelden: "Es hat mich . . . gewundert, dass Sie ... die von Ihnen ersonnene Idee, dass Lösungsgeschwindigkeit und Brechungsindices etwas miteinander zu thun hätten aufgenommen haben; ich glaube das ist ein fundamentaler Irrthum." Becke an Groth, 10.11.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 15). Im Sommersemester 1895 hat Becke auch Krystallographie nach der neuen Auflage der "Physikalischen Kristallographie" gelesen. Becke an Groth, 14.5.1895 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 18). Und auch sein ehemaliger Straßburger Kollege H. Rosenbusch sprach Groth seine "vollste Anerkennung für die Energie" aus, mit welcher er die Neubearbeitung durchgeführt habe. Bei Rosenbusch klingen allerdings auch Bedenken gegen die neue (mathematische) Krystallographie durch. Ihm scheint es fraglich, ob sich die Methode in der Praxis wirklich als sinnvoll erweisen werde, zumal wenn dadurch "mancher klare alte Begriff etwas verdunkelt" werde: "Vielleicht lachen Sie mich aus, wenn Sie dies lesen, aber ich kann mir nicht helfen, es ist meine Überzeugung trotz der angeführten Beispiele für das Gegentheil. Und jedenfalls zeigt Ihnen mein Bekenntniß, daß ich mich bemühe, aufrichtig zu folgen". Rosenbusch an Groth, 26.12.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/Rosenbusch 25). Ähnliche Kritik mußte Groth des öfteren erfahren, d. h. die 'Übernahme' der mathematischen Krystallographie in die Mineralogie erschien nicht nur Rosenbusch im Hinblick auf den praktischen Unterricht problematisch. Vgl. hierzu auch Steinmetz/Weber (1939), S. 37f.

93. Vgl. das Inhaltsverzeichnis der vierten Auflage. Vgl. auch Steinmetz/Weber (1939), S. 32f.

94. Vgl. Groth, *Physikalische Krystallographie*, 4. Aufl. (1905), S. vi. Hier hatte Groth sich wohl ursprünglich V. von Lang angeschlossen, der die Auffassung des Rationalitätsgesetzes als eines empirischen Gesetzes in seinem "Lehrbuch der Krystallographie" vertreten hatte. Vgl. Lang (1866), S. iii & 21.

auf die speziellsten Bedürfnisse und die Kenntnisse des Mineralogen berechnet" sei und daß dort die in seinem Werk "allein behandelten Gebiete mehr nur nebenbei und einleitend besprochen werden"⁹⁵. Es waren allerdings nicht nur die unterschiedlichen 'Zielgruppen' oder unterschiedliche inhaltliche Schwerpunkte, die beide Werke unterschieden. Dies war vielmehr **Voigts** Überzeugung, daß "der Durchgang durch die 'Wüste' der gesamten Kristallographie" - und, was hier allerdings nicht explizit gesagt ist: der Mineralogie - keineswegs eine notwendige "Vorbedingung für den Eintritt in das 'gelobte Land' der Kristallphysik" sei⁹⁶. Die "Erforschung der Gesetze der "Kristallformen" spiele in der Kristallphysik eine "überaus kleine Rolle"; nicht das "kristallinische Individuum" sei es, welches den Physiker interessiere, sondern die "kristallinische Substanz"⁹⁷.

Auch zu **Voigt** hat sich so, ähnlich wie zu **van't Hoff**, keine / 0 engere fachliche Beziehung entwickeln können⁹⁸. Bei **Voigt** hatte dies seine Ursache dann allerdings, wie eben skizziert, in einer prinzipiell anderen Auffassung vom Gegenstand und den Aufgaben einer wirklichen Physik der Kristalle. Entsprechend der traditionellen Unterscheidung zwischen einer nach dem Allgemeinen bzw. nach den Ursachen fragenden Naturwissenschaft und einer

95. Vgl. Voigt (1928), S. 14. In diesem Sinne ist es für Voigt dann auch allein sein Königsberger Lehrer F. E. Neumann (1798-1895), welcher in den letzten Jahrzehnten wirklich "schöpferisch" in der Kristallphysik gewirkt habe. Dieser habe das "für die ganze Disziplin fundamentale Prinzip" aufgestellt, "die Symmetrieeigenschaften der Kristallform zur Erschließung der Symmetrien der physikalischen Eigenschaften der Kristalle heranzuziehen". Vgl. Voigt (1928), S. 3.

96. Vgl. Voigt (1928), S. 10. Dies bedeutete wohl gemerkt nur, daß dies eben für den Kristallphysiker selbst nicht erforderlich ist. Wohl ist dieser aber auf die Vorarbeit der Mineralogen und Kristallographen angewiesen, welche dann vor allem darin bestehe, die "Symmetrieverhältnisse ... aus den Gestalten abzuleiten, in der eine bestimmte Substanz vorkommt". Vgl. Voigt, a. a. O., S. 10 & 12.

97. Vgl. Voigt (1928), S. 10 (Herv. orig.). Vgl. hierzu etwa auch Teichmann (1988), S. 9-11.

98. Dies fand seinen Ausdruck dann auch darin, daß Voigt lediglich zwei kleinere Originalabhandlungen in der ZfK veröffentlicht hat. Die erste dieser Arbeiten ist auch nur deshalb in der ZfK erschienen, weil es sich um eine Kritik an einer Arbeit von Groths Straßburger Schüler L. Calderón handelte. Vgl. Voigt (1881). Hierzu auch Voigt an Groth, 13.7. & 25.7.1880 (BSB-Hs: Grothiana X/Voigt 3 & 4). Die zweite Arbeit über die "pyroelektrische Erregung centrisch-symmetrischer Krystalle" ist 1909 im Band 46 der ZfK erschienen.

deskriptiven, auf die spezifischen Merkmale der Einzeldinge zielenden Naturgeschichte, waren der Gegenstand der "Kristallphysik" **Voigts** die allen kristallinen Substanzen gemeinsamen physikalischen Eigenschaften. **Groth** dagegen fragte (zumindest im Verständnis **Voigts**) nach den physikalischen Eigenschaften bestimmter einzelner Mineralien. Aus diesem Gegensatz resultieren eine Reihe weiterer methodischer Unterschiede zwischen der "Kristallphysik" **Voigts** und **Groths** "physikalischer Kristallographie", welche jetzt allerdings nicht mehr im einzelnen behandelt werden können.

Ein Beispiel hierfür wäre etwa die Bedeutung der künstlichen Mineralien für die Kristallphysik. Bei **Groth** spielten diese vor allem eine Rolle für die Frage nach dem Zusammenhang von chemischen und physikalischen Eigenschaften der Substanzen, für **Voigt** dagegen waren sie wesentlich auch ein Hilfsmittel in der Frage nach den Gesetzen der Physik der Kristalle selbst. Die Natur versorge uns "nicht freigebig mit zu physikalischen Beobachtungen geeigneten Kristallen": sie arbeite bei deren Erzeugung "unsauber und launisch", und die Mineralien, die sie uns in "geeigneten Individuen" darbiete, seien "fast an den Fingern abzählbar"⁹⁹.

Voigt erwies sich hier als der 'modernere Kristallphysiker', indem er die Verwendung künstlicher Kristalle gerade auch dort forderte, wo es nicht nur um die unterschiedlichen 'Formen' ging, welche die kristallinische Substanzen annehmen können, sondern in erster Linie um die 'Natur' der kristallinischen Substanz selbst (vgl. hierzu dann auch Teil C.). Allerdings ist **Voigts** "Kristallphysik" in anderer Hinsicht - ebenso wie **Groths** "physikalische Kristallographie" - auch noch der 'klassischen Kristallforschung' zuzurechnen. **Voigts Lehrbuch** war ja ebenfalls noch vor den **Laue**-Experimenten erschienen, und **Laue** selbst hat 1928 im Vorwort zu einem Nachdruck darauf hingewiesen, daß dessen "Kristallphysik" einer "älteren Epoche der Kristallforschung" angehöre, in der man "sich überhaupt weniger mit der Molekulartheorie, als mit der Phänomenologie der Kristalle" beschäftigt habe¹⁰⁰.

99. Vgl. Voigt (1928), S. 9. In der Schwierigkeit, geeignetes Beobachtungsmaterial zu erhalten, sah Voigt auch die Ursache für das - gemessen an ihrer Bedeutung - relativ geringe Interesse an Problemen der Kristallphysik.

100. Vgl. Laue, in Voigt (1928), S. ix.

Dies spricht dann auch nicht dafür, daß **Laue** in seinen eigenen Arbeiten zur Kristallphysik wesentlich von **Voigt** beeinflusst wurde. Allerdings hatte **Laue** während seines Studiums in Göttingen bei **Voigt** Vorlesungen gehört. Und im Hinblick darauf, daß **Laue** selbst später eigentlich immer nur **Groth** als indirekten Anreger seiner Experimente genannt hat (vgl. Kap. B. 1. 1. Anm. 8), wäre hier zumindest anzumerken, daß eben auch **Voigt** die **Bravais**schen Raumgitter bzw. dessen Strukturtheorie behandelt hat¹⁰¹.

Auf **Groth**s Stellung zur Moderne, wie sie nun in einzelnen Aspekten behandelt wurde, wird im Zusammenhang mit **V. M. Goldschmidt** noch einmal zurückzukommen sein. Zunächst muß jetzt aber die Entwicklung seines Konzeptes der Morphotropie noch etwas weiter verfolgt werden.

Gewissermaßen eine Zusammenfassung des Diskussionsstandes zu Beginn der 90-er Jahre gab 1893 **Groth**s ehemaliger Schüler **A. Arzruni**. Zwar sah er zum **Groth**schen Konzept der Morphotropie nach wie vor keine Alternative hinsichtlich der Lösung der Frage nach den Beziehungen zwischen Kristallform und chemischer Zusammensetzung. Er machte aber auch deutlich, daß es bisher nicht zu weitergehenden Schlußfolgerungen geführt hat:

"Seit dem Erscheinen der Arbeit des Herrn Groth sind nun über zwanzig Jahre verflossen. Zahlreiche Forscher haben dem Studium der Morphotropie ihre Kräfte gewidmet; viele Substanzen sind untersucht worden, aber ein weiterer Schritt zur Formulierung eines allgemein gültigen Gesetzes ist, leider, nicht zu verzeichnen"¹⁰².

Zwar sei vor allem hinsichtlich der organischen Substanzen die Zahl der bekannten Substanzen stark vermehrt worden; das entsprechende kristallographische Material bestehe aber zum größten Teil aus Einzeltatsachen, und die meisten Reihen seien unvollständig. Da die morphotropen Eigenschaften nur dann mehr oder weniger deutlich hervorträten, wenn sich die zur Vergleichung herangezogenen Substanzen nur durch geringe Abweichungen in ihrer Zusammensetzung unterschieden, so erfordere das Studium der Morphotropie, wenn es überhaupt gewinnbringend werden sollte, lückenlose Reihen, welche nun allerdings bisher noch fehlten¹⁰³.

Noch unvollständiger sei das Material hinsichtlich der anorganischen Verbindungen, wobei sich hier zusätzlich spezielle

101. Vgl. Voigt (1910), S. 111-9.

102. Arzruni (1893), S. 230.

103. Vgl. Arzruni (1893), S. 230.

Schwierigkeiten den Untersuchungen entgegenstellten, wie etwa die Unvollkommenheit der Kristalle, welche die Sicherheit der Meßwerte beeinträchtigte, und die Häufigkeit der Polymorphie, die den Vergleich erschwerte (letztere war ja auch schon von **Groth** selbst als ein Problem seines Konzeptes der Morphotropie genannt worden). Es sei also keineswegs erstaunlich, wenn hier "die Ergebnisse günstigsten Falles für einzelne Specialfälle eine Gültigkeit beanspruchen können, keineswegs aber eine Verallgemeinerung gestatten"¹⁰⁴. Bevor die Morphotropie als ein "allgemeines Gesetz" erstehen könnte, sei es erforderlich, "die morphotrope Function der einzelnen Elemente und wenigstens der häufig wiederkehrenden zusammengesetzten Radicale festzustellen", was eben bisher nur zum Teil gelungen sei¹⁰⁵.

Arzruní war sich dann auch bewußt, daß die von ihm (und anderen) unter dem Namen der Morphotropie zusammengefaßten Erscheinungen doch "recht heterogener Natur" seien, d. h. daß noch nicht einmal der Begriff selbst genau bestimmt sei. Allerdings bildeten diese doch "alle gewißermaßen ein Gegenstück zu den wohldefinierten Erscheinungen des als Specialfall zu betrachtenden Isomorphismus"¹⁰⁶. Unabhängig davon, ob man nun der Morphotropie hinsichtlich ihrer Bedeutung für die weitere Entwicklung der physikalischen Chemie und speziell der Kristallchemie "eine günstige oder ungünstige Prognose stellen" mochte, so sei doch zumindest festzuhalten, daß unter diesem Konzept eine Fülle neuer Tatsachen aufgefunden worden seien, "welche sich in das zu eng gewordene Gewand des Isomorphismus nicht hineinzwängen" ließen. Selbst diejenigen Forscher, welche dem Konzept der Morphotropie selbst nicht zuneigten, mußten doch inzwischen nach den Tatsachen zum Teil umdenken. Und statt sich dabei mit Ausdrücken wie "chemischer, physikalischer, geometrischer Isomorphismus, Massenisomorphismus" usw. zu

104. Vgl. ebd.

105. Vgl. ebd.

106. Vgl. Arzruní (1893), S. 296. Arzruní definierte die Morphotropie als "Gesetzmässige Aenderung der Gestalt mit der partiellen Aenderung der Zusammensetzung". Sie ist damit eine von "drei Gruppen von Erscheinungen", auf welche sich die "Beziehungen zwischen Krystallform und chemischer Zusammensetzung" zurückführen lassen. Die beiden anderen sind der Polymorphismus ("Verschiedenheit der Gestalt bei gleicher Zusammensetzung") und der Isomorphismus ("Ähnlichkeit der Gestalten analog zusammengesetzter Körper"). Vgl. Arzruní (1893), S. 22.

behelfen, sei es immerhin sinnvoller, so wie man ehemals mit der einen Bezeichnung Isomorphismus ausgekommen sei, daneben nur mehr den der Morphotropie zu gebrauchen, bis weitere Forschungen "auch in dieser Klasse von Erscheinungen präzise Unterscheidungen" gestatten würden¹⁰⁷. Und so blieb **Arzruni** dann nur mehr - ganz im Sinne des empirischen Programms seines Lehrers Groth - die Warnung für die Zukunft,

"dass man nicht Alles miteinander vergleichen darf, ohne die Eigenschaften der Körper zu ignorieren, ohne den Thatsachen Gewalt anzuthun, indem man weder den chemischen, noch den krystallographischen Eigenschaften der Körper Rechnung trägt. Durch Forcieren der Eigenschaften - man denke nur an das häufig beliebte Verfahren mit den geometrischen Constanten und der 'Interpretation' der chemischen Zusammensetzung! - gelangt man nicht zur Entdeckung von Gesetzen"¹⁰⁸.

Die Richtung, in der - wenn überhaupt - eine Lösung des Problems zu erwarten sei, sah **Arzruni** so vor allem in den Arbeiten des niederländischen Chemikers **Jan Willem Retgers** (1856-1896) vorgezeichnet (dem er seine Schrift auch gewidmet hat). **Retgers** hat ab 1889 in einer Reihe von Arbeiten dargelegt, daß bei den "isomorphen Mischungen" eine Proportionalität herrsche zwischen dem spezifischem Gewicht (bzw. dem spezifischen Volumen) und der chemischen Zusammensetzung. "Zwei Substanzen" seien dann als "wirklich isomorph" anzusehen, "wenn die physikalischen Eigenschaften ihrer Mischkrystalle continuirliche Functionen ihrer chemischen Zusammensetzung sind"¹⁰⁹.

Diese Arbeiten sollten sich auch tatsächlich für einen wesentlichen Schritt in der Weiterentwicklung der Chemischen Kristallographie mitverantwortlich zeigen; dies allerdings weniger durch ihre konkrete Aussage, als vielmehr in ihrer methodischen Grundlage. Genauere Bestimmungen der spezifischen Gewichte der kristallisierten Körper, so jetzt **Groth** 1904, seien eigentlich erst "in neuester Zeit" durch die Verbesserung der Methoden möglich geworden, namentlich durch die Einführung und Vervollkommenung der sogenannten Schwebemethode unter Benutzung schwerer Flüssigkeiten. Und insbesondere **Retgers** habe eben

107. Vgl. Arzruni (1893), S. 296f.

108. Arzruni (1893), S. 297.

109Vgl. Retgers (1889b), hier S. 552. Vgl. auch Retgers (1889c), hier S. 593f. Vgl. ferner Arzruni (1893), S. 187-90; Nernst (1913), S. 176f. Ganz ähnlich hatte 1899 auch Fedorov die Isomorphie bestimmt; vgl. Fedorov (1899), hier S. 17.

gezeigt, daß dies für exakte Bestimmungen letztlich die einzig brauchbare Methode sei¹¹⁰.

Solche exakten Bestimmungen der spezifischen Gewichte waren für **Groth** insofern von speziellem Interesse, als sie für die Ermittlung der sogenannten *topischen Parameter* bzw. der *topischen Axenverhältnisse* erforderlich waren, ein Begriff, der 1894 von seinem Schüler **W. Muthmann** (1861-1913) eingeführt worden war¹¹¹. Die üblichen Parameter, mit welchen die kristallographischen Achsenverhältnisse bezeichnet würden, gäben ja bekanntlich nur relative Dimensionen an, d. h. eine Achse diene hierbei als Einheit, auf welche dann die Werte der anderen bezogen wurden. **W. Muthmann** habe nun gezeigt, daß diese Parameterverhältnisse auf eine gemeinsame Einheit zurückgeführt und damit vergleichbar gemacht werden könnten, indem hier zusätzlich das "Molekular-(Äquivalent-)Volumen" - der Quotient des Molekulargewichtes durch das spezifische Gewicht bzw. die Dichte - herangezogen werde¹¹². Und diese neuen Parameter waren vor allem auch für die Morphotropie von Bedeutung. Da durch die "Einführung der topischen Parameter an Stelle der krystallographischen

110. Vgl. Groth (1904), S. 30f. Vgl. auch Retgers (1889a), hier S. 294-6. In Groths Laboratorium in München wurde diese Methode vor allem von seinem späteren Nachfolger B. Goßner weiter entwickelt. Goßner hatte 1899 bei Groth zu studieren begonnen und war dann (mit kürzeren Unterbrechungen) bis zu seiner Habilitation (am 28. 4. 1908 mit der Schrift "Beiträge zur Kenntnis der Isomorphie") bei Groth tätig. Im Hinblick darauf, daß eben gerade in den Niederlanden die grundlegenden Arbeiten für eine neue, auf den Grundlagen der physikalischen Chemie basierende Mineralogie entstanden sind, sei auch noch einmal an den (im Zusammenhang mit der Beziehung Groths zu van't Hoff angedeuteten; s. o.) spezifischen kulturellen Kontext der niederländischen Naturforschung dieser Zeit erinnert. Vgl. Theunissen (1994), hier vor allem S. 294-302.

111. Vgl. Muthmann (1894), S. 515-9. Vgl. auch Groth (1926), S. 136.

112. Muthmann (1894). Vgl. auch Groth (1904), S. 25f. Groth verweist hier auch auf Becke (1893). F. Becke hatte bereits 1893 "Formeln zur Berechnung" der (den topischen Axenverhältnisse Muthmanns entsprechenden) "molekularen Axenverhältnisse" für das triklone, hexagonale, trigonale und monokline Kristallsystem entwickelt und dies auch in einer Sitzung der Wiener Akademie der Wissenschaften am 13. Juli 1893 vorgetragen. Die genannte Publikation scheint Groth allerdings zunächst nicht bekannt gewesen zu sein. Zumindest fühlte Becke sich - mit Bezug auf eine entsprechende Arbeit von Kraus/Mez (1901) - bemüßigt, seine Priorität in dieser Frage (auch gegenüber A. E. H. Tutton; vgl. Tutton, 1894, S. 27) anzumelden. Becke an Groth, 29.5.1901 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 21). Dazu auch Becke an Groth, 11.6.1901 & 4.11.1903 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 22 & 26).

Axenverhältnisse" - die Raumgitterhypothese der Kristalle vorausgesetzt - die "einander entsprechenden Dimensionen der Krystallstruktur verschiedener Körper vergleichbar geworden sind", so könne nunmehr untersucht werden,

"ob in gewissen Fällen die Änderung der Krystallstruktur durch eine chemische Änderung in einer bestimmten Richtung erfolgt, so daß hieraus auf eine bestimmte gegenseitige Stellung der Atome in der Krystallstruktur geschlossen werden könnte"¹¹³.

Daß eine solche nur in gewisser Richtung stattfindende Änderung (Morphotropie) etwa bei der Substitution von Wasserstoff durch ein anderes Atom oder durch eine einwertige Atomgruppe zu beobachten sei, dies habe er, **Groth**, ja schon 1870 allein auf Grund der Vergleichung der "krystallographischen Axenverhältnisse" festgestellt. Offengeblieben war dabei die Frage, ob die "anscheinende Vergrößerung einer Axenlänge" nicht unter Umständen nur ein scheinbare sei, d. h. ob diese nicht vielmehr "in Wirklichkeit auf der Verkleinerung der beiden anderen beruhe"; diese "Unsicherheit" aber falle weg, wenn man bei der "Vergleichung" der beiden Körper (d. h. des Ausgangs- und des Substitutionsproduktes) die topischen Parameter verwende¹¹⁴.

Angewandt hat diese topischen Parameter in seinen Untersuchungen vor allem ein weiterer Mitstreiter **Groths**, der englische Mineraloge und Chemiker **Alfred E. H. Tutton** (1864-1938). **Tutton** hatte seine kristallographische Ausbildung - "besides my own wide reading of the subject consequent upon my liking for it" - u. a. bei dem **Groth**-Schüler **H. A. Miers** (1858-1942) erhalten¹¹⁵. Er sandte **Groth** erstmals im Mai 1889 - **Tutton** war zu dieser Zeit an der *Normal School of Science* in London tätig - einige seiner kristallographischen Messungen zur Publikation in der ZfK¹¹⁶. Dies war der Auftakt zu einer langjährigen Zusammenarbeit mit **Groth**, und **Tutton** hat in der Folge eine ganze Reihe von Originalabhandlungen in der ZfK veröffentlicht¹¹⁷.

113. Groth (1904) 29 (Herv. orig.).

114. Vgl. Groth (1904) 29f. (Herv. orig.). Siehe hierzu auch Groth, CK I (1906), S. iv.

115. Tutton an Groth, 21.5.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Tutton 1).

116. Tutton an Groth, 21.5.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Tutton 1).

117. 1890 hat Tutton eine Arbeit über die kristallographischen Beziehungen "between various members of an homologous series differing by CH₃" (Derivate des Dibenzylstyrols bzw. "Dibenzoylcinnamens") in der ZfK veröffentlicht. Vgl. Tutton (1890); vgl. auch Tutton (1911), S. 104f. Auf die Arbeit wird hier vor allem deshalb verwiesen, weil sie indirekt die 'Lage der Chemischen Kristallographie in England' beleuchtet. Die englische Fassung der Arbeit war nämlich im "Journal of the Chemical Society" erschienen, und dies war, wie Tutton berichtete, "the

Ende 1892 begann **Tutton** mit dem Forschungsprogramm, das ihn für mehrere Jahrzehnte beschäftigen sollte, der goniometrischen und optischen Untersuchung von isomorphen Salzen. In diesen - zunächst auch von der *Chemical Society* durch einen "money grant" geförderten - Untersuchungen von Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalzen versuchte er nachzuweisen, daß die Parameter, d. h. die geometrischen Eigenschaften (und auch bestimmte physikalische Werte) in einer isomorphen Reihe ein regelmäßiges Fortschreiten mit dem Molekulargewicht (also mit dem Atomgewicht) der einander ersetzenden Elemente aufwiesen¹¹⁸. **Tutton** war so, wie gesagt, auch einer derjenigen Autoren, der die von **Muthmann** 1894 eingeführten *topischen Parameter* in seinen Untersuchungen angewandt hat¹¹⁹. Und nicht zuletzt galt **Tuttons** Interesse seit Beginn der 90-er Jahre wesentlich der Weiterentwicklung kristallographischer Instrumente¹²⁰.

Das Hauptergebnis seiner Untersuchungen mit den Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalzen faßte **Tutton** u. a. 1911 zusammen:

first time to my knowledge that a lengthy piece of pure crystallography was accepted by the Chemical Society", zweifellos "a distinct step in the right direction for the advancement of the subject". Tutton an Groth, 24.9.1890 (BSB-Hs: Grothiana X/Tutton 2). Persönlich kennen gelernt haben sich Groth und Tutton im August 1893. Groth war auf seinem Weg zur Weltausstellung in Chicago über London gereist, und er hatte sich auch bei Tutton nach einem geeigneten Begleiter für diese Reise erkundigt. Tutton an Groth, 6.5.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/Tutton 8).

118. Er untersuchte zunächst Verbindungen der Form R_2XO_4 (mit $R = K, Rb, Cs$ und $X = S, Se$) sowie die Hydrate dieser Sulfate und Selenate $(R_2M(XO_4)_2 \cdot 6H_2O)$, mit R und X wie oben sowie $M = Mg, Zn, Fe, Ni, Co, Mn, Cu, Cd$): "My idea was to observe the differences between the angles of the salts containing $K, Rb + Cs$ respectively. The results are of some interest inasmuch as Rb always stands between $K + Cs$ and as regards the axial angle β exactly halfway between the two". Tutton an Groth, 6.2.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/Tutton 6). Dazu auch Tutton an Groth, 16.3.1893 & 6.5.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/Tutton 7 & 8). Vgl. auch Tutton ZfK 21, 24, 27; Tutton (1911), S. 124-6. Vgl. ferner Groth (1926), S. 136. Tutton hat hier also ein 'klassisches Thema' der Chemischen Kristallographie aufgegriffen; am Beispiel "schwefelsaurer und selensaure Salze" hatte ja auch Mitscherlich die Veränderung der Kristallform mit der Temperatur untersucht. Vgl. Mitscherlich (1827).

119. Vgl. Tutton (1894), hier S. 26-31; Tutton (1905); Tutton (1911), S. 129-31. Vgl. ferner Groth (1904), S. 136f.

120. Vgl. etwa Tutton (1922). Ein großer Teil der Korrespondenz mit Groth betrifft so auch Probleme der kristallographischen Instrumente. Hierzu etwa Tutton an Groth, 31.4.1891 & 7.8.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/Tutton 4 & 9).

"The whole of the properties, morphological and physical, of the crystals of an isomorphous series of salts are functions of the atomic weights of the interchangeable chemical elements of the same family group which give rise to the series"¹²¹.

Dieses Ergebnis sollte der letzte Versuch von Seiten der klassischen chemischen Kristallographie sein, ein 'allgemeines Gesetz' für die Isomorphiebeziehungen der chemischen Verbindungen zu formulieren. Nur ein Jahr später wurde mit der Röntgenkristallographie jene Methode zur Bestimmung des Kristallbaues eingeführt, die - im gewöhnlichen Verständnis - die klassische von der modernen Kristallographie trennt. Und nur wenige Jahre später sollte dann auch **V. M. Goldschmidt** - mit Bezug auf die Ergebnisse eben dieser neuen Methode bzw. die neuen Kenntnisse über den Atombau - gerade die Annahme zurückweisen, daß die Atomgewichte ausschlaggebend seien für die Art und Weise der Isomorphiebeziehungen¹²² (s. u.).

Allerdings werden das 'Ende der klassischen Mineralogie' bzw. der 'Beginn der Moderne' doch in der Regel zu einfach gesehen, wenn sie allein an der Röntgenkristallographie festgemacht werden¹²³. Das **Grothsche** Forschungsprogramm und überhaupt die 'mineralogische Kultur', für die es stand, waren nicht nur konstituiert durch bestimmte Hypothesen, Methoden oder instrumentelle Voraussetzungen. Sie waren auch konstituiert durch den sozial- und kulturgeschichtlichen Kontext, und nicht zuletzt in dessen Auflösung lag eine der Ursachen für das Ende der klassischen Chemischen Kristallographie (s. Kap. B. 1. 2.).

In diesem Sinne sind die neue Methode bzw. die **Laue**-Experimente selbst weniger als ein grundlegender Neubeginn oder gar ein 'Umsturz' der bisherigen Lehren der Mineralogie und Kristallographie zu sehen, sondern vielmehr auch als Bestätigung und Kulminationspunkt des Entwicklungsweges, welchen diese beiden Wissenschaften - wenngleich in sehr unterschiedlicher Art und

121. Tutton (1911), S. 129. Dies ist gewissermaßen die Verallgemeinerung des Ergebnisses, welches Tutton 1894 bezüglich der "streng isomorphen rhombischen Normalsulfate von Kalium, Rubidium und Caesium" formuliert hat; deren "gesamte krystallographische Eigenschaften" seien "Functionen des Atomgewichtes und des in ihnen enthaltenen Metalls". Vgl. Tutton (1894), S. 77. Vgl. auch Tutton (1897).

122. Diese Annahme ist natürlich nicht nur von Seiten der hier genannten Mineralogen vertreten worden. So hatte sie etwa auch in W. Nernsts "Theoretische Chemie" Eingang gefunden, der sich hierbei explizit an Arzruni und Groth anschloß. Vgl. Nernst (1913), S. 174f.

123. Vgl. in diesem Sinne etwa Steinmetz/Weber (1938), S. 13.

Weise - in Frankreich, England und Deutschland seit **Haüy** gegangen sind. Dies hat bereits **H.-W. Schütt** deutlich gemacht. Die **Laue**-Experimente haben letztlich keine Entscheidung für oder wider die einzelne konträren Positionen in diesem Entwicklungsgang - Atomismus oder Dynamismus, Elementarbausteine oder Punktgitter usw. - gebracht. Sie haben diese Gegensätze vielmehr aufgehoben¹²⁴: Die scheinbar ganz gegensätzlichen bzw. einander ausschließenden Positionen sind - im doppelten Sinn des Wortes - 'gleich-gültig' geworden.

Gewissermaßen exemplarisch hierfür seien zumindest kurz einige der konkreten frühen Reaktionen auf die **Laue**-Experimente bzw. die sich anschließenden bekannten Arbeiten von **William Henry Bragg** (1862-1942) und **William Lawrence Bragg** (1890-1971) skizziert. Es gab eigentlich keinen Mineralogen und Kristallographen, der die Bedeutung der neuen Methode nicht erkannt hätte, und im wesentlichen sahen diese sich durch sie in ihren bisherigen Ergebnissen bestätigt. Vereinzelt Kritik richtete sich gegen die Art und Weise ihrer konkreten Anwendung, nicht gegen die neue Methode selbst. Zum Teil mischte sich dann aber auch eine gewisse Sorge um den Fortbestand des Forschungsprogramms der Chemischen Kristallographie in diese Kommentare.

Bereits zu Beginn des Jahres 1913 sprach sich **V. M. Goldschmidt** in Oslo nachdrücklich für die Bedeutung der Experimente **Laues** aus, wobei er auch deutlich machte, daß damit die 'naturhistorische Phase' der Kristallographie wohl abgeschlossen war:

"Laues Interferenzversuche mit Röntgenstrahlen haben mich naturgemäss sehr interessiert; es ist ja der tatsächliche Beweis einer regelmäßigen atomistischen Struktur der Krystalle. Durch systematische Arbeiten in dieser Richtung wird man wohl die Frage, ob Bravaisgitter oder Punktsysteme vorliegen, lösen können. Hoffentlich werden jetzt manche Krystallographen einsehen, dass es nützlichere Aufgaben gibt, als flächenreiche Mineralien unbekannter Entstehungsweise zu messen"¹²⁵.

124. Vgl. Schütt (1984), S. 211f.

125. V. M. Goldschmidt an Groth, 12.1.1913 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 30). Ähnlich äußerte sich W. C. Brögger gegenüber Groth. Mit Bezug auf Groths erstmalige "vollständige Darstellung der Entwicklung der mineralogischen Wissenschaften" stellte er fest, daß diese "jetzt eben in rechter Zeit" komme, "weil mit den Röntgenuntersuchungen über den Atombau der krystallisierten Körper - auch der Mineralien - offenbar jetzt eine neue Zeit für die Erforschung der Mineralien eingeleitet ist". Brögger an Groth, 5.11.1926 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 77).

Groths erste 'offizielle Reaktion' auf die "für die Krystallographie so bedeutsame Entdeckung des Krystallgittereffectes" findet sich dann 1913 in einem redaktionellen Zusatz zur Bekanntmachung dieser Untersuchungen durch **W. Friedrich** in der ZfK¹²⁶. **Groth** sah in diesen die "wesentliche Bedeutung des einer jeden (noch so complicirten) Krystallstruktur zugrunde liegenden Raumgitters" bestätigt, d. h. "der Anordnung aller gleichartigen und gleichgestellten Atome des Krystals". Und er sprach die Hoffnung aus, daß mit der neuen Methode letztlich auch seine Annahme unterstützt werde, daß die "Structur eines Krystalles einer regelmäßigen, periodischen Anordnung der Atome entspricht, für welche der Begriff des 'Moleküls' keine Bedeutung mehr hat, da ein solches daraus in verschiedener Weise herausgeschnitten gedacht werden" könne¹²⁷. Etwas ausführlicher auseinandergesetzt hat **Groth** sich mit den eben angedeuteten Folgerungen bezüglich der Kristallstruktur 1915. Auch hier ging es ihm wesentlich um die Aussage, "daß in Krystallen von 'Molekülen' nicht mehr die Rede sein kann, und daß es sich bei der Krystallstruktur nur um das Gleichgewicht von Atomkräften handelt"¹²⁸.

Noch deutlicher als **Groth** selbst hat die Bedeutung der neuen Methode bzw. die Bestätigung, welche sich hieraus für dessen Theorie der Kristallstruktur ergab, im Februar 1914 **F. Becke** in einem Schreiben an **Groth** formuliert, wobei er vor allem auch betonte, daß nun die Arbeit der Mineralogen und Kristallographen durch diese 'rein physikalische' Methode keineswegs 'überflüssig' geworden sei:

126. Vgl. Friedrich (1913). Die Experimente waren zuerst veröffentlicht worden in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in München 5 (1912), S. 303-22.

127. Vgl. Groth (1913), S. 63f. Dazu auch Groth an V. M. Goldschmidt, 26.11.1913 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Eigentlicher Zweck der kurzen Mitteilung in der ZfK war es, die irrige Annahme des englischen Physikers O. Lodge (1851-1940) richtigzustellen, der Kristallgittereffect sei von E. S. Fedorov entdeckt bzw. in den Laboratorien von Röntgen und Groth bestätigt worden.

128. Vgl. Groth (1915a), S. 67 & 73; vgl. auch Groth (1915b), S. 498. 1888 hatte Groth sich noch sehr deutlich für den Aufbau der Kristalle aus "Krystallmolekülen" ausgesprochen. Vgl. Groth (1888), hier vor allem S. 27f. Ähnlich hatte auch Tschermak noch 1903 bezüglich der Erklärung der Polymorphie von "Kristallmolekeln" gesprochen; vgl. Tschermak (1903), S. 393. Jetzt fügte Groth in einer Anmerkung hinzu, daß dieser Begriff eigentlich eine "contradictio in adjecto" darstelle. Vgl. Groth (1915a), S. 73 Anm. 1.

"Bei der Bekanntschaft mit den Ergebnissen der Laue'schen Untersuchungen habe ich immer lebhaft an Sie gedacht; dass Sie über diese Resultate eine helle Freude haben müssen, kann ich mir lebhaft vorstellen. Das kann übrigens, wenn die Methoden erst ausgebaut und handgerecht gemacht sind, eine Sache werden, die die Krystallographie in derselben Weise fördert, wie vor 60 Jahren die Einführung der Optik. Wäre das nicht eine Aufgabe die besser für internationale Vereinbarung und Arbeitstheilung geeignet wäre als die uferlosen mir sehr nebelhaften Vorschläge über die Gründung internationaler vulkanologischer Institute? Eine Riesenmasse von Einzelunternehmungen wäre da zu machen; das Zusammenwirken von Physikern u. [nd] Krystallographen wäre sehr wünschenswert. Die ersteren braucht man für die Ausarbeitung der Methode, die letzteren wegen der bei ihnen vorauszusetzenden Kenntnis der Objekte und Auswahl des geeigneten Materials. Das Einverständnis der Entdecker und Führer auf diesem Gebiete müßte allerdings in erster Linie gewonnen werden"¹²⁹.

Vor allem aber legte **Becke** dann ein Jahr später klar, wiederum gegenüber **Groth**, daß die neue Methode nicht gewissermaßen 'a priori' neue Einsichten in den Kristallbau erlaubt, sondern daß solche wesentlich auch von der 'richtigen' Art und Weise ihrer konkreten Anwendung abhingen. Die Physiker seien sich wohl oft gar nicht bewußt, was die Krystallographen eigentlich erwarteten:

"In der letzten Zeit habe ich mit Eifer die Röntgenbilder der Krystalle und die daraus abgeleiteten Strukturen studiert. Die Herren Physiker machen die Sache allerdings nicht leicht. Was mich namentlich häufig beunruhigt, ist, dass man so selten eine praecise Angabe über die Stellung des Röntgenbildes zum Krystall findet. Es hat den Anschein, dass in vielen Fällen die Experimentatoren nicht wissen, was der Krystallograph von den Erscheinungen vor allem zu verlangen ein Recht hat: die krystallographische Orientierung. Etwas bedenklich macht mich auch, dass in so vielen Fällen die ersonnene Structur nicht die Symmetrie des Krystalls hat. Aber ohne Zweifel sind diese Untersuchungen von dem allergrössten Wert; nur das letzte Wort scheint noch nicht gesprochen zu sein"¹³⁰.

Und was hier bezüglich der Kristallstruktur formuliert wurde, galt natürlich noch mehr hinsichtlich der eigentlichen Frage der chemischen Krystallographie, der nach den Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Kristallform. 1926 hat **V. M. Goldschmidt** diesbezüglich festgestellt, daß auch die ersten Jahre der Anwendung der neuen Arbeitsmethode "noch nicht zu Erkenntnissen allgemeiner Art über die Beziehungen zwischen chemischen und krystallographischen Eigenschaften der Stoffe" geführt hätten; es sei - bis hin eben zu seinen Arbeiten - überhaupt nie der Versuch gemacht worden, "die Krystallform

129. Becke an Groth, 19.2.1914 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 33).

130. Becke an Groth, 29.3.1915 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 35).

möglichst zahlreicher einfacher Verbindungen systematisch zu erforschen," um so den "verknüpfenden Gesetzmäßigkeiten auf die Spur zu kommen"¹³¹.

Damit ist jetzt nicht gesagt, daß die Chemischen Kristallographen die neue Methode nur als Unterstützung ihres Programms verstanden haben. **Groth** etwa hat sehr wohl gesehen, daß die bisherigen Theorien der Kristallstruktur jetzt nur mehr "als, wenn auch wichtige, Vorarbeiten" betrachtet werden könnten (was vor allem auch für seine eigene frühere Hypothese über den Aufbau der Kristalle aus "Krystallmolekülen" galt; vgl. oben Anm. 127). Die *topischen Parameter*, die ihm noch wenige Jahre zuvor das zentrale Instrument der Chemischen Kristallographie waren, erschienen jetzt nur mehr "provisorische Hilfsmittel für die Vergleichen chemisch verwandter Körper" zu sein, welche in Zukunft "durch die wirklichen Dimensionen der Raumeinheiten der Krystalle ersetzt werden müssen"¹³². Und es war ja auch schon angedeutet worden, daß der große Zeitraum von sieben Jahren zwischen dem Erscheinen des dritten und des vierten Bandes der CK (1910 bzw. 1917) - alle anderen Bände waren im Abstand von zwei Jahren erschienen - seine Ursache nicht zuletzt in den **Laue**-Experimenten gehabt haben dürfte¹³³.

131. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926a), S. 8. Vgl. auch V. M. Goldschmidt (1926b), S. 12.

132. Vgl. Groth (1915a), S. 73.

133. So schrieb Groth im November 1913 an V. M. Goldschmidt: "Nachdem ich von dem grössten Theil der Redaktionsgeschäfte der Zeitschrift unbelastet bin, kann ich die Ausarbeitung des letzten Bandes meiner chem.[ischen] Krystallographie besser fördern und hoffe, Ostern den Druck beginnen zu können. Daneben beschäftigen mich sehr die neuen Forschungen von Bragg über die Krystallstruktur, welche wohl zu einigen Änderungen der Sohncke Theorie führen werden, die aber meine Ansicht, dass in den Krystallen keine "Moleküle" existieren, vollkommen bestätigen". Groth an V. M. Goldschmidt, 26.11.1913 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Im Sommer 1915 schien er dann vor allem daran interessiert, die CK so schnell wie möglich abzuschließen, um sich dann in Ruhe mit den neuen Ergebnissen der Röntgenkrystallographie auseinandersetzen zu können. So schrieb er an V. M. Goldschmidt: "Ich ... muss alle übrige Zeit benutzen, um meine chem.[ische] Kryst.[allographie] zu vollenden (diese schreitet so schnell vor, wie unsere Armee hinter den Russen, und wird im Msc. bei Jahresschluss vollendet sein). Sobald dies geschehen, werde ich die Ausarbeitung eines kurzen Lehrbuch's 'Elemente d.[er] phys.[ikalischen] Kryst.[allographie]' beginnen, welchem die neuen Erfahrungen über die Krystallstruktur zu Grunde gelegt werden, und dann muss ich mich mit allen diesen Fragen gründlich beschäftigen". Groth an V. M. Goldschmidt, 26.6.1915 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30).

Die ursprüngliche Sorge der (Chemischen) Kristallographen, der Kristallgittereffekt könnte vielleicht die Arbeit von Jahrzehnten hinfällig werden lassen, hat insbesondere **Groths** englisches 'alter ego' **A. E. H. Tutton** in seiner *Natural history of crystals* (1924) explizit gemacht. **Tutton** war hier auch insofern besonders betroffen, als er 1911 (also gerade ein Jahr vor den **Laue**-Experimenten) eine Schrift über *Crystals* veröffentlicht hatte, und er jetzt natürlich fürchten mußte, daß diese bereits kurz nach erscheinen schon wieder veraltet war. Mit Bezug auf die **Laue**-Experimente schrieb er so 1924:

"The moment was an anxious one for those who had laboriously arrived at the probable structure and nature of crystals by the paths of prolonged investigation of their external faceted forms, of their internal optical and other physical properties, and of their relative densities and volumes; and also for those who, recognising crystals as essentially homogeneous solids, had by various methods of geometrical deduction arrived at the possible types of homogeneous structures possessing the known attributes of crystals. That is, a crucial test had been discovered, of the verity or fallaciousness of the views as to the nature of crystals which had been described in the simplest possible language in the author's earlier book. Would the new and immensely powerful means of research - the direct approach - confirm these principles concerning the arrangement of the atoms in crystals, so uniformly indicated by all indirect experimental work and by the soundest geometrical conceptions, or would it show that the labour of years had led to a wrong purview altogether?"¹³⁴.

Allerdings war es dann auch **Tutton**, der sehr nachdrücklich deutlich zu machen versuchte, daß die neue Untersuchung der Kristalle mit Röntgen-Strahlen "has afforded absolute and most welcome confirmation of practically the whole of the natural history of crystals as laid down in the former book"¹³⁵. Zwar hätten einige, ohnehin mehr "speculative ideas" korrigiert werden müssen, aber im Ganzen hätte sich die bisherige Theorie der Kristallstruktur als "in essential agreement with the results of Y-ray analysis" erwiesen¹³⁶. Und so glaubte **Tutton** sich schließlich 1926 in seinem Werk *Crystalline Form and Chemical Constitution* auch berechtigt, das Programm der Chemischen

134. Tutton (1924), S. v.

135. Vgl. Tutton (1924), S. vf.

136. Vgl. Tutton (1924), S. vi. Dies drückt sich rein äußerlich auch darin aus, daß Tutton in der Schrift von 1924 - abgesehen von einem zusätzlich eingefügten Kapitel über die "revelation of crystal structure by X-rays" sowie einem neuen Unterkapitel über die Natur des Atoms - keine grundlegenden Änderungen gegenüber der ursprünglichen Fassung von 1911 vorgenommen hat.

Kristallographie bzw. deren 'erstes Prinzip': "To each substance a specific form"¹³⁷, mehr oder weniger unverändert weiterzuführen.

Unabhängig davon, wie weit nun die **Laue**-Experimente als Beweis für oder gegen die bis dahin entwickelten Theorien der Kristallstruktur sowie des Zusammenhanges von chemischer und physikalischer Beschaffenheit der Körper - oder auch als 'Aufhebung' entsprechender Gegensätze - zu werten sind, so zeigen jene frühen Reaktionen doch zumindest, daß die Frage nach der Auflösung des **Groths**chen Forschungsprogrammes der Chemischen Kristallographie bzw. die nach dem Beginn der 'modernen Kristallochemie' auf jeden Fall zu einfach gesehen wird, wenn sie allein auf die Rolle der Röntgenkristallographie reduziert wird.

Welche Faktoren hierbei noch von Bedeutung waren, dies zeigt jetzt vor allem die Beziehung **Groths** zu **V. M. Goldschmidt**¹³⁸. Diese war in mehrfacher Hinsicht eine besondere. Sie war dies schon allein deshalb, weil **Groth Goldschmidt** von Beginn an umworben und ihn gerne als Mitarbeiter sowie später ja auch als seinen Nachfolger in München gesehen hätte (vgl. Kap. B. 1. 3. 2.). Sie ist aber auch insofern eine besondere, als sich an ihr so deutlich wie wohl kaum an einem anderen Beispiel einerseits die Kontinuität, andererseits der Bruch zwischen der 'Vormoderne' und der eigentlichen Moderne der Mineralogie manifestierte. **Goldschmidt** war in vieler Hinsicht der treueste Schüler **Groths**: Er hat das **Groths**che Programm der Chemischen Kristallographie allererst eingelöst, damit hat er es aber auch aufgelöst¹³⁹.

Auf diese neue *Krystallochemie* **V. M. Goldschmidts**¹⁴⁰ selbst

137. Vgl. Tutton (1926), S. 5.

138. Hierzu sei vor allem auch verwiesen auf den gegenwärtig in Vorbereitung befindlichen Band mit Briefen Bröggers, Goldschmidts, Groths und Vogts (vgl. Kap. 1. 3. 2. Anm. 40).

139. Explizit formuliert hat dies 1926 W. C. Brögger. Groth habe "in den 70-er Jahren als das Hauptziel der Krystallographie" die Entdeckung der "Gesetze" hervorgehoben, "welche das Verhältnis zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Krystallform bestimmen". Und dieses Ziel sei nunmehr durch die Arbeiten von V. M. Goldschmidt schon "erreicht". Brögger an Groth, 5.11.1926 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 77).

140. An dieser Stelle auch eine Bemerkung zur Schreibweise der Vornamen Goldschmidts. Hier findet sich - und zwar auch bei seinen eigenen Publikationen - für seinen ersten Vornamen sowohl Victor als auch Viktor: In seiner Geburtsurkunde steht "Victor", und deshalb wird diese Form hier verwendet. Auszug aus dem Geburtsregister des Kantons Zürich (Schweiz) (ST-SR: H 13/Korrespondanz-Div. 1910-18).

kann nun hier nicht mehr ausführlich eingegangen werden¹⁴¹. Dies vor allem auch deshalb, weil sie sich eben nicht nur in bestimmten inhaltlichen Aspekten von der *Grothschen Chemischen Kristallographie* unterschied. **Goldschmidt** verkörperte vielmehr eine neue Kultur der Mineralogie, d. h. er stand, wie kaum ein anderer der europäischen Mineralogen und Kristallographen am Beginn des 20. Jahrhunderts, für die eigentliche 'Moderne der Mineralogie'¹⁴².

Dies gilt zunächst schon allein insofern, als **Goldschmidts** Wirken von Beginn an durch die für die Moderne charakteristische Verbindung von Wissenschaft und Industrie gekennzeichnet war. Bei allen anderen bisher genannten - sowie auch den im Folgenden noch zu behandelnden - Mineralogen war dies, wenn überhaupt, nur in Ansätzen der Fall. Auf seine ersten technischen Arbeiten hin wurde **Goldschmidt** 1917 zum Vorsitzenden einer *Staatskommission*

141. Deren Bedeutung für die moderne Mineralogie/Kristallographie und Geochemie darf auch als bekannt vorausgesetzt werden. Goldschmidt selbst hat diese - mit Bezug auf eine Stelle über seine röntgenometrischen Untersuchungen in *Groths Geschichte der Mineralogie*, in der fälschlich den Eindruck erweckt worden sei, seine Untersuchungen zur Chemischen Kristallographie basierten wesentlich auf Material, welches von anderen gesammelt worden sei - dahingehend zusammengefaßt: "Ich möchte demgegenüber doch erwähnen, dass der notwendige Zuwachs des röntgenometrischen Materials wesentlich in meinem Institute erfolgt ist, durch meine und meiner Schüler Arbeiten; diese experimentellen Arbeiten wurden planmässig und zu dem bestimmten Zwecke ausgeführt, die Grundlage zur Theorie zu liefern. Es wäre also durchaus mis[!]verständlich, wenn man glaubte, meine Ergebnisse beruhten auf Material, welches ohne mein Zutun, von anderer Seite, gesammelt worden sei. Bisher ist von keinem anderen Institute auch nur eine annähernd gleich grosse Anzahl von Strukturbestimmungen herausgebracht worden; die Zahl unserer Untersuchungen ist vergleichbar der Gesamtzahl aller bisher veröffentlichten, und vor Allem sind noch niemals anderwärts die Strukturen grosser isomorpher und morphotroper Reihen derart planmässig erforscht worden, wie bei uns" V. M. Goldschmidt an Groth, 24.10.1926 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 62) (Herv. B. F.). Vgl. hierzu dann auch Groth (1926), S. 143.

142. Es ist hier bewußt nur von den europäischen Mineralogen gesprochen worden. Ansonsten wäre hier natürlich - als ein Repräsentant der eigentlichen 'Moderne der Mineralogie' - vor allem auch Goldschmidts amerikanisches 'alter ego' Arthur L. Day (1869-1960), der erste Direktor des Geophysikalischen Laboratoriums der Carnegie Institution in Washington, zu nennen. Für ihn gelten sinngemäss die meisten der im Folgenden zu besprechenden Charakteristika der Arbeiten Goldschmidts. Und vor allem steht das Geophysikalische Laboratorium eben überhaupt für ein zentrales Moment von Moderne in der Mineralogie, nämlich für die 'Fabrikation von Erkenntnis'. Vgl. hierzu vor allem B. Fritscher: *The fabrication of rocks. Traces of modernity in mineralogy and geochemistry* (im Druck).

für anorganische Rohstoffe ernannt, was ihm in der Folge vor allem auch eine deutlich verbesserte (finanzielle bzw. personelle und instrumentelle) Ausstattung seines Institutes eintrug¹⁴³. Ende des Jahres 1918 berichtete er **Groth** über seinen Weg zur "angewandten Wissenschaft" bzw. darüber, daß die "reine Wissenschaft" für ihn derzeit eigentlich nur 'Nebenbeschäftigung' sei:

"Vielleicht zerstreut es Sie, ein bißchen von der mineralogischen Wissenschaft im Norden zu hören. Zusammen mit Brögger bearbeite ich jetzt das merkwürdigste Gebiet von Alkaligesteinen, das bisjetzt je bekannt wurde, welches ich dieses Frühjahr auf einer Amtsreise entdeckte. Meine Hauptbeschäftigung ist jetzt nämlich nicht die reine Wissenschaft, sondern die angewandte Wissenschaft. Ich habe Ihnen schon früher geschrieben, dass ich mich mit technischen Problemen beschäftigte. Meine erste grosse Arbeit auf diesem Gebiet war die Herstellung von Farbpigmenten aus Titanverbindungen, beruhend auf krystalloptischen Principien, die sich inzwischen zu einer grossen Industrie entwickelt. Der nächste Streich, zum Teil gemeinsam mit meinem Vater, war die Herstellung von Aluminium aus Plagioklasgesteinen, die sich ebenfalls bewährt hat. Auf diese Arbeiten hin wurde ich zum Vorsitzenden einer Staatskommission für anorganische Rohstoffe ernannt, mit dem Auftrage, die Erforschung und Verwertung von Rohstoffen systematisch zu organisieren. Seit über einem Jahre arbeite ich nun mit einem Stabe von Geologen, Ingenieuren und Chemikern, und ich glaube sagen zu können, dass unsere Resultate den Erwartungen entsprachen. Die reine Wissenschaft und der Institutsunterricht werden im Nebenbetriebe erledigt, aber die wissenschaftlichen Resultate dieses Nebenbetriebs sind quantitativ und qualitativ schöner als sie es früher im Hauptbetriebe waren. Schlimm ist nur, dass die Zeit fehlt, irgendwelche Wissenschaft zu publicieren. Mein Institut ist inzwischen recht schön ausgebaut worden. Wir haben auch eine Mineralanalytische Abteilung mit zwei Chemikern und drei Hilfsassistenten und eine synthetische Abteilung, die zu einem Forschungsinstitut ausgebaut werden soll. Und zu meiner Freude haben meine Arbeiten dazu beigetragen, das Ansehn der Wissenschaft zu erhöhen"¹⁴⁴.

Die konstitutive Bedeutung, welche die Verbindung von 'reiner' und 'angewandter Wissenschaft' für seine Arbeiten und nicht zuletzt für den Auf- und Ausbau seines Institutes hatte,

143. Vgl. hierzu und zum Folgenden vor allem Collett (1983), S. 64-76. Vgl. auch Mason (1992), S. 23-9; Tilley (1948), S. 55f. Zu Bröggers Rolle (der seit 1906 Reichstagsabgeordneter war) bei der Einrichtung der Rohstoffkommission bzw. der Berufung Goldschmidts vgl. Collett (1983), S. 18-59.

144. V. M. Goldschmidt an Groth, 5.12.1918 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 50). Zu den genannten Alkaligesteinen vgl. V. M. Goldschmidt: Et hittil ukjendt omraade av kalibergarter. In: Oversikt over Videnskabselskabet møter i 1918. Christiania 1919. pp. 20.

betonte **Goldschmidt** später immer wieder¹⁴⁵. 1921 berichtete er **Groth**, daß er sich nunmehr bemühe, "die Röntgenkrystallographie nach Möglichkeit auch auf technische Probleme anzuwenden, um auch auf diese Weise die nötigen Geldmittel zum modernen Institutsbetrieb auf der Höhe zu erhalten"¹⁴⁶. In seinen Arbeiten über die Geochemischen Verteilungsgesetze der Elemente hob er ebenfalls hervor, daß seine "krystallochemischen Arbeiten" immer auch den Zweck hatten, "Aufklärung über ... technische Eigenschaften praktisch wichtiger Stoffe zu liefern"¹⁴⁷. Diese Institutspolitik war wesentlich dafür verantwortlich, daß **Goldschmidts** Institut in Oslo das erste mineralogische Institut war, an dem - in Ansätzen seit 1915, systematisch seit April 1922 - Roentgenkristallographie getrieben wurde¹⁴⁸. Und anlässlich seiner geplanten Berufung nach München konnte er sich dann auch besonders über die angedeutete Unterstützung von Seiten der

145. Verwiesen sei hierzu vor allem auch auf die Materialien zu Goldschmidts Tätigkeit im Rohstoffkomitee im Staatsarchiv in Trondheim, so etwa ein Manuskript-Fragment mit dem Titel: "Die Bedeutung der Geochemie in Wissenschaft und Wirtschaft" (ST-SR: H 13, Div. 1928-45). Bei dem Fragment handelt es sich wohl um das Ms. eines Vortrages oder einer Vorlesung; eine Publikation dieses Titels ist mir zumindest nicht bekannt geworden.

146. V. M. Goldschmidt an Groth, 18.5.o.J. (ST-SR: M 6, Manuskripter). Dem Inhalt nach ist der Brief (um) 1921 geschrieben. Es handelt sich um einen Entwurf oder einen Durchschlag; unter den Briefen im Nachlaß Groths (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt) findet er sich nicht.

147. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926a), S. 5.

148. Eine entsprechenden Ausstattung des Institutes hatte Goldschmidt spätestens seit Dezember 1914 geplant. V. M. Goldschmidt an Groth, 29.12.1914 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 37). Im September 1915 berichtete er Groth dann, daß in Oslo "auch schon Röntgenkrystallographie ..., unter meiner Mitwirkung", getrieben werde. V. M. Goldschmidt an Groth, 27.9.1915 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 43). In Oslo war zunächst 1915 bei den Physikern "ein Röntgenbetrieb in Gang gekommen", aber er würde es doch "vorziehen, die Sache unter eigener Aufsicht machen zu lassen". V. M. Goldschmidt an Groth, 27.12.1915 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 44). 1916 sollte dann eine eigene Anlage im mineralogischen Institut installiert werden. V. M. Goldschmidt an Groth, 27.12.1915 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 44). Und im Sommer 1916 war auch schon ein Teil der Apparate vorhanden. V. M. Goldschmidt an Groth, 2.8.1916 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 46). Die Schwierigkeit war dann eher die, geeignete Mitarbeiter zu finden. V. M. Goldschmidt an Groth, 19.12.1919 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 51). So konnte Goldschmidt dann letztlich erst im Mai 1922 Groth berichten, daß nun "seit vier Wochen .. unsere neue Roentgenabteilung in vollem Betrieb (ist), die fuer alle Arten roentgenkrystallographischer Arbeiten eingerichtet ist". V. M. Goldschmidt an Groth, 19.5.1922 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 59).

"bayerischen Industrie" freuen; eine solche Anerkennung seiner Arbeiten "von technischer Seite" freue ihn "stets ganz besonders", da er ja "recht viel Zeit und Arbeitskraft der angewandten Wissenschaft gewidmet" habe¹⁴⁹.

Hier ist jetzt auch der eigentliche Grund angesprochen, warum die Bedeutung der Röntgenkristallographie, wie oben gesagt, nicht allein darauf reduziert werden kann, daß mit ihr eine neue 'Methode' bzw. ein 'neues Instrument' gefunden war. Ihre Bedeutung lag eben weniger in den konkreten Ergebnissen, als vielmehr darin, daß sie gewissermaßen sinnbildlich für eine neue Kultur der Mineralogie stand. **V. M. Goldschmidt** hat dies indirekt deutlich gemacht, wenn er 1923 in einem Brief an **Groth** einige der 'kulturellen Widerstände' beschrieb, welche sich seinen Arbeiten entgegenstellten:

"Es hat mich mit grossem Stolze erfüllt, als ich durch Prof.[essor] Kaiser von Ihrer guenstigen Meinung ueber meine Arbeiten erfuhr. Es tat mir dies um so wohler, als in den letzten Monaten von verschiedenen Seiten alle moeglichen und unmoeglichen kleinen Giftpfeile auf mich geschossen wurden, die mir zwar keinerlei Schaden zugefuegt haben, aber doch nicht zur Erhoehung der Arbeitsfreude beitragen. So haben zum Beispiel einige Studenten der Palaeontologie, auf hoeheren Befehl, einen Protest an die Universitaetsbehörden gerichtet, worin sie sich darueber beklagen, dass in meinem Institute Roentgenkrystallographie und Roentgenspektrographie getrieben wird, da solche Arbeiten entschieden nicht in den Rahmen eines Universitaetsinstitutes gehoerten, und das Summen des Induktors sie in ihrem Lesezimmer stoere"¹⁵⁰.

In dem zuerst zitierten Schreiben an **Groth** hatte **Goldschmidt** bezüglich des Verfahrens zur Herstellung von Aluminium aus Plagioklasgesteinen auch auf die Mithilfe seines Vaters verwiesen. Damit deutete er implizit einen weiteren - bisher wenig beachteten - Sachverhalt an, der ihn für eine neue Kultur der Mineralogie stehen ließ. Als **Goldschmidts** maßgebliche Lehrer gelten **Th. Hiortdahl**, **W. C. Brögger** und - mit Abstrichen - **Groth**.

149. Goldschmidt an Groth, o. D. (mschr. Briefentwurf) (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Zur geplanten Berufung Goldschmidts nach München vgl. auch Kap. B. 1. 3. 2.

150. V. M. Goldschmidt an Groth, 19.6.1923 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 61). Ähnlich schrieb er 1927, anläßlich seiner eventuellen Übersiedlung nach Göttingen, an W. Salomon-Calvi: "Es ist mir eine grosse Freude, von Ihrer Seite eine solche Einschätzung meiner Arbeiten zu erfahren, um so mehr als ja manche Mineralogen dieser Arbeitsrichtung [gemeint sind die Röntgenkristallographie bzw. seine Arbeiten über die geochemischen Verteilungsgesetze der Elemente; B. F.] überhaupt feindlich gegenüberstehen". V. M. Goldschmidt an Salomon-Calvi 21.10.1927 (UBF-GA: Archivnummer 3583).

Übersehen wird dabei in der Regel sein Vater, der in Prag geborene physikalische Chemiker **Heinrich Goldschmidt** (1857-1937), der 1896 a. o. Professor für Chemie in Heidelberg und schließlich 1901 Ordinarius in Oslo geworden war. Noch als Privat-Dozent hatte **H. Goldschmidt** von 1894-1896 in Amsterdam mit **van't Hoff** / *v* gearbeitet. Seine Arbeiten wurden u. a. bedeutend für die Stereochemie des Stickstoffs, und er beschäftigte sich mit der zahlenmäßigen Bestimmung der verschiedenen, für die Geschwindigkeit organisch-chemischer Reaktionen maßgebenden physikalischen Konstanten¹⁵¹. **V. M. Goldschmidt** ist so, was oft übersehen wird, gewissermaßen mit der neuen physikalischen Chemie *g* aufgewachsen, d. h. diese bildete von Beginn an einen selbstverständlichen Kontext seiner Arbeiten.

H. Goldschmidt war so auch das wesentliche 'Bindeglied' zwischen seinem Sohn und **van't Hoff**, dessen Lösungsgesetze dieser *12* in seiner berühmten frühen Arbeiten über die *Kontaktmetamorphose des Christianiagebietes* (1911) erstmals systematisch auf die Petrologie angewandt und dabei die sogenannte *mineralogische Phasenregel* formuliert hat¹⁵². Und **H. Goldschmidt** scheint auch mit verantwortlich gewesen zu sein für das Forschungsthema, welches sich sein Sohn für seinen Studienaufenthalt im Wintersemester 1911/12 bei **Groth** in München gewählt hat¹⁵³, nämlich Winkelmessungen an Schwefel-, Kalkspat- und Quarzkristallen bei tiefen Temperaturen. Interessant sind diese Arbeiten eigentlich weniger durch ihre konkreten Ergebnisse¹⁵⁴,

151. Vgl. Bodenstein (1932), S. 899. Hinsichtlich der Bedeutung H. Goldschmidts sei auch angemerkt, daß Groth sich 1915 bezüglich Empfehlungen der Neubesetzung der Professur für physikalische Chemie in München u. a. an H. Goldschmidt gewandt hat. In seinem ausführlichen Antwortschreiben hat er W. Nernst und F. Haber als die bedeutendsten genannt. H. Goldschmidt an Groth, 20.1.1915 (BSB-Hs: Grothiana X/H. Goldschmidt 1)

152. Vgl. V. M. Goldschmidt (1911a), S. 123. Vgl. auch V. M. Goldschmidt (1911b; 1911c). Vgl. ferner B. Fritscher (1994a), hier insbesondere S. 284-94.

153. Zu Goldschmidts Münchner Aufenthalt vgl. auch Mason (1992), S. 17f.

154. Goldschmidt faßte dies dahingehend zusammen, daß die Größenordnung des Winkelgefälles bei allen drei Körpern bis zur Temperatur der flüssigen Luft (Goldschmidt gab hierfür - 175° C) unverändert blieb. Eine Abnahme des Gefälles mit sinkender Temperatur sei jedoch konstatiert worden. Am genauesten habe sich die thermische Deformation des Schwefels bestimmen lassen, welche auf eine regelmäßige Änderung der drei linearen Ausdehnungskoeffizienten habe zurückgeführt werden können. Vgl. V. M. Goldschmidt (1912), S. 23.

als vielmehr dadurch, daß **Goldschmidt** auch hier (wieder (wie schon in der Arbeit über die Kontaktmetamorphose des Christianiagebiet) gewissermaßen eine der neuesten Entwicklungen der Physik bzw. der physikalischen Chemie aufgegriffen hat, nämlich die neue Tieftemperaturforschung¹⁵⁵. **Goldschmidt** nahm die Arbeit auch zum Anlaß einiger grundlegender Überlegungen zur Methode der kristallographischen Forschung, wobei er dann vor allem implizit deutlich machte, daß die Moderne der Mineralogie eine deutliche Einschränkung des 'Geltungsbereichs' der klassischen Mineralogie bedeutete, d. h. die letztere wird - ebenso wie die klassische Physik selbst - in der Moderne zum 'Sonderfall'.

Fast alle Eigenschaften der Kristalle müßten als "continuierliche Functionen der absoluten Temperatur" betrachtet werden (abgesehen vielleicht allein von der Symmetrie, welche sich mit der Temperatur "nur discontinuierlich" ändere). Die Dichte, die geometrischen Konstanten, die Lichtabsorption usw. lassen sich also als Größen der folgenden Form auffassen:

$$A = C + F(T).$$

Hierbei ist A der Zahlenwert, der gewöhnlich für die betreffende Eigenschaft angegeben werde, F(T) eine kontinuierliche Funktion der absoluten Temperatur, und C eine charakteristische Konstante des Kristalls¹⁵⁶.

In der "gewöhnlichen Krystallographie" operiere man mit den Größen A, als ob es sich um C handelte, d. h. man vergleiche bei

155. Die Tieftemperaturforschung war eines der 'aktuellsten' Gebiete der Physik der Zeit. So wurden vor allem an der Physikalisch Technischen Reichsanstalt in Berlin neben den Wirkungen hoher Temperaturen vor allem auch diejenigen tiefer Temperaturen untersucht. Tatsächlich war die Reichsanstalt eine der ersten Institutionen, an welcher systematisch Tieftemperatur-Forschungen betrieben wurden. Der Anstoß hierzu kam hauptsächlich von Carl Linde (1842-1934), der 1876 die erste Eis- und Kühlmaschine und 1895 sein Luftverflüssigungsverfahren entwickelt hat. Er (und andere) versorgten die Physiker mit neuen Formen der Materie wie etwa flüssiger Luft, womit die verschiedensten Probleme gelöst oder untersucht werden konnten. Vgl. etwa Cahan (1989), S. 139f. H. Goldschmidt kam bei der Wahl dieses Forschungsthemas durch seinen Sohn dann insofern ein möglicher initialer Einfluß zu, als er 1895 in einer kleineren (zusammen mit van't Hoff durchgeführten) Untersuchung über das von G. Wyrouboff beschriebene sogenannte Doppelracemat von Natrium und Kalium festgestellt hatte, daß dieses sich aus Lösungen speziell in der Kälte (bei - 6° C) bildet, während bei höherer Temperatur stattdessen die entsprechenden optisch aktiven Verbindungen entstünden. Vgl. van't Hoff/H. Goldschmidt (1895), hier S. 505. Zu den sogenannten racemischen Verbindungen vgl. auch Groth (1904), S. 72-8.

156. Vgl. V. M. Goldschmidt (1912), S. 1.

verschiedenen Kristallen die Werte der Winkel, der Brechungsindizes, der Dichte usw., welche bei gewöhnlicher Temperatur bestimmt worden seien. Hieraus müßten zwangsläufig Fehler resultieren, und zu einem exakten Ausbau der kristallographischen Wissenschaft sei deshalb zu allererst die Kenntnis der Größen C erforderlich (nicht eben die von der klassischen Mineralogie fast allein bestimmten Werte der Größen A)¹⁵⁷. Es gäbe also kaum eine Aufgabe von größerer Bedeutung für die derzeitige Kristallographie, als Untersuchungen der Kristalle möglichst nahe dem absoluten Nullpunkt¹⁵⁸.

Goldschmidt setzte diese Arbeiten auch nach seiner Rückkehr nach Oslo fort, bzw. er versuchte, sie fortzusetzen (und zwar an Benzolderivaten); allerdings stieß er hierbei immer wieder auf Schwierigkeiten (vor allem dergestalt, daß er zunächst nur wenig "flüssige Luft" bekommen konnte, da eine hierfür geplante Fabrik in Trondheim nicht fertiggestellt wurde)¹⁵⁹. Es sind dann auch keine weiteren Veröffentlichungen hierzu bekannt geworden.

Ebenso nun, wie **Goldschmidt** hier gewissermaßen die klassische Kristallographie in ihrer Beschränkung auf ein begrenztes Temperaturintervall zum 'Sonderfall' erklärte, wurden nun auch die *Grothsche Chemische Kristallographie* bzw. die klassischen Theorien über Isomorphismus und Morphotropie in der neuen *Krystallochemie* zum 'Sonderfall'.

Goldschmidt selbst, dies sollte deutlich gesehen werden, betonte hierbei allerdings immer eher die Kontinuität der Entwicklung. In einem Entwurfsfragment über *Krystallbau und chemische Zusammensetzung* bestimmte er die Aufgabe der neuen "Krystallochemie" als die Frage nach den "Beziehungen zwischen

157. Vgl. ebd.

158. Vgl. V. M. Goldschmidt (1912), S. 6.

159. Diese Schwierigkeiten sind im Briefwechsel mit Groth ausführlich dokumentiert. Goldschmidt hatte diese Untersuchungen eigentlich schon in Christiania begonnen, nur war es ihm dort nicht gelungen, sich "flüssige Luft" zu verschaffen. Dies war erst in München möglich geworden. Vgl. V. M. Goldschmidt (1912), S. 24. Zur Fortsetzung der Untersuchungen in Oslo siehe vor allem V. M. Goldschmidt an Groth, 21.4., 12.6., 14.10., 30.11.1912, 12.1., 21.1.1913 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 17, 21, 23, 28, 30, 31). Siehe auch Groth an V. M. Goldschmidt, 3.1. & 31.1.1913 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanse 1909-30). Ein weiterer Grund dafür, daß Goldschmidt die Arbeiten letztlich nicht systematisch fortgesetzt hat, waren gesundheitliche Beschwerden, die er sich durch den Umgang mit der flüssigen Luft zugezogen hatte. V. M. Goldschmidt an Groth, 4.12.1913 & 4.10.1914 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 34 & 36).

der chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften krystallisierter Körper". Bereits die "klassische Krystallographie" habe als ihr "wichtigstes Ziel die Ermittlung gesetzmässiger Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung und Form der Krystalle" erkannt. Hierfür stünden die Arbeiten von **Bergmann, Haüy, Mitscherlich, Pasteur, Hiortdahl und Groth**, und insbesondere **Bergmann** und **Haüy** hätten auch bereits erkannt, daß die "geometrischen Gesetzmässigkeiten der Krystallform ... Ausdruck eines geordneten inneren Baues der krystallinen Materie" seien¹⁶⁰. Es ist so nicht nur als Referenz an **Groth** zu verstehen, wenn **Goldschmidt** diesem verschiedentlich versicherte, daß er ja doch der eigentliche Begründer und die 'Leitfigur der Chemischen Kristallographie' für viele Jahrzehnte gewesen sei¹⁶¹.

Das neue Grundgesetz der Krystallochemie hat **V. M. Goldschmidt** 1926 formuliert. Ausgehend von der Voraussetzung, daß das "krystallochemische Verhalten der Elemente" ausschließlich "von den Eigenschaften der Elektronenhüllen der Atome bestimmt" wird¹⁶², bestimmte er die ursächlichen Bedingungen des Kristallbaus:

"Der Bau eines Krystalles ist bedingt durch Mengenverhältnis, Größenverhältnis und Polarisations-eigenschaften seiner Bausteine. Als Bausteine sind Atome (respektive Ionen) und Atomgruppen zu bezeichnen"¹⁶³.

160. V. M. Goldschmidt: Krystallbau und chemische Zusammensetzung (mschr. Entwurfsfragment) [Es handelt sich offensichtlich um einen Entwurf zu V. M. Goldschmidt, 1927.] (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Vgl. auch Goldschmidt (1927), S. 1263.

161. So schrieb Goldschmidt anlässlich von Groths 80. Geburtstag: "Es muss fuer Sie ein schoenes Gefühl sein, die Entwicklung unserer Wissenschaft zu ueberblicken, von der Mitte des vorigen Jahrhunderts, als die ersten Andeutungen krystallochemischer Problemstellungen greifbare Gestalt annahmen und bis zum heutigen vielstoeckigen Lehrgebaeude der chemischen Krystallographie, einer Wissenschaft, die von Ihnen erst als solche geschaffen wurde, ..." V. M. Goldschmidt an Groth, 19.6.1923 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 61). Hierzu auch V. M. Goldschmidt an Groth, 24.10.1926 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 62). Und anlässlich seiner beabsichtigten Berufung nach München schrieb er, daß doch letztlich die "ganze moderne Entwicklung" der chemischen Kristallographie von Groths "Geiste durchdrungen" sei. V. M. Goldschmidt an Groth, o. D. (mschr. Briefentwurf) (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30).

162. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926b), S. 9.

163. V. M. Goldschmidt (1926b), S. 13.

Goldschmidt hatte dieses Gesetz zunächst in einer etwas anderen Form ausgedrückt¹⁶⁴. Brieflich Einwände von Seiten einiger Kollegen - u. a. von dem Münchner Physiker **H. G. Grimm**¹⁶⁵ - haben ihn dann allerdings den Satz in der genannten Weise umformulieren lassen. Unter der "Größe" der Kristallbausteine verstand **Goldschmidt** ihre "Raumerfüllung" in dem Sinne, daß der Kristall aus "Wirkungssphären aufgebaut gedacht wird, die einander zwar berühren, einander aber nicht durchdringen können"¹⁶⁶. Die "Polarisationseigenschaften" standen für das Verhalten der Kristallbausteine gegenüber den "elektromagnetischen Feldwirkungen von Seiten der Nachbarsbausteine, und zwar sei diese "Beeinflussung eine gegenseitige"; sie äußerte sich also "teils in einer Veränderung des betreffenden Bausteines selbst, teils in der Einwirkung, welcher er auf die Nachbarbausteine ausübt"¹⁶⁷.

Zentrale Aussage des Gesetzes ist, daß es bei der Frage nach dem Bau eines Kristalls allein auf deren "gegenseitige Relationen" ankomme, "nicht auf ihre absolute Menge oder absolute Größe"¹⁶⁸. Und dies bedeutete vor allem auch, daß das Atomgewicht keine Rolle spielt. Dies hat **Goldschmidt** etwa 1927 noch einmal nachdrücklich betont:

"Ich möchte noch besonders darauf aufmerksam machen, daß in diesen Satz [das "Grundgesetz der Krystallochemie"; B. F.] das Atomgewicht der beteiligten Atome nicht eingeht. In der älteren Krystallographie suchte man oft nach einer Beziehung zwischen dem Krystall-Bau und dem Gewicht der beteiligten Atom-Arten. Dies war verfehlt, da die Gewichte der Bausteine ohne jede Beziehung zum Krystallbau sind; der Krystall wägt seine Bestandteile nicht, sondern ordnet sie nach ihrem Raumbedarf"¹⁶⁹.

Das Atomgewicht sei nur in bestimmten Sonderfällen für geochemische Fragen relevant, dann nämlich, wenn es sich um

164. "Die Krystallstruktur eines Stoffes ist bedingt durch Größe und Polarisationseigenschaften seiner Komponenten; als Komponenten sind Atome (respektive Ionen) und Atomgruppen zu bezeichnen. V. M. Goldschmidt (1926a), S. 9.

165. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926b), S. 11. Mit Grimm führte Goldschmidt spätestens seit 1922 einen Briefwechsel. Gegenstand der frühen Briefen sind Fragen der Eigenschaften der Ionen, der Kristallstruktur u. ä. Hierzu vor allem V. M. Goldschmidt an Grimm, 5.11.1922, 23.4.1925 & 6.4.1926 (DM-S: 1978-12B/70-1, 3 & 5). Die o. g. Einwände Grimms gegen Goldschmidts "Gesetz" werden allerdings in den mir vorliegenden Briefen nicht diskutiert.

166. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926b), S. 11.

167. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926b), S. 12 (Herv. orig.).

168. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926b), S. 13.

169. V. M. Goldschmidt (1927), S. 1282 (Herv. B. F.).

"centripetale oder centrifugale Stoff-Verschiebungen unter dem Einfluß des irdischen Schwerefeldes" handelte¹⁷⁰, nicht aber eben für die Erklärung des Kristallbaus selbst. Speziell in dieser Hinsicht also wurde jetzt auch die **Grothsche** Chemische Kristallographie bzw. die von dieser gegebene Erklärung der Isomorphie- bzw. der Morphotropie-Beziehungen der Kristalle zum 'Sonderfall' der neuen *Krystallochemie*. Das Atomgewicht, welches vor allem von **Groths** englischem 'alter ego' **Tutton** - im Anschluß an die **Muthmannschen** bzw. **Grothschen** *topischen Parameter* - explizit zum eigentlichen Schlüssel im Verständnis des Isomorphismus erklärt worden war, hatte sich als hierfür nicht - oder nur in bestimmten Sonderfällen - relevant erwiesen¹⁷¹. Und in einem weiteren - naturphilosophischen - Sinne ließe sich dieser Schritt **Goldschmidts** nicht zuletzt als die endgültige Loslösung der chemischen Kristallographie von der 'chemischen Substanz' bzw. der 'spezifischen Natur' der Körper verstehen (vgl. hierzu vor allem Teil C.).

Dieser Punkt ist es letztlich, in dem sich die Entwicklung von der *Chemischen Kristallographie* **Groths** zur *Krystallochemie* **Goldschmidts** - trotz der von letzterem selbst betonten 'Kontinuität' - als ein 'diskontinuierlicher Prozeß' erweist. Beide Konzeptionen stehen zueinander in einem Verhältnis der Nicht-Reduzierbarkeit in dem Sinne, wie dies zu Beginn als ein Charakteristikum des Verhältnisses der klassischen zur modernen Naturwissenschaft bezeichnet worden war (vgl. Teil A.): Die

170. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926b), S. 9.

171. Dies gilt es dann vor allem auch dort zu bedenken, wo nach möglichen Vorbereitungen des Goldschmidtschen "Grundgesetzes" gefragt wird. So wurde ja die "Größe" bzw. das Volumen der Atome seit Mitscherlich als ein wesentlicher Faktor für das Vorliegen von isomorphen Verbindungen diskutiert. A. Schrauf hat es sogar unternommen, die Kristallform allein aus der Größe der Atome zu erklären, d. h. auch bei ihm spielte die chemische Substanz keine - oder zumindest: keine explizite - Rolle. Vgl. Schrauf (1867), S. 246; vgl. auch Kap. B. 1. 1. 1. Oder, das Problem etwas weiter gefaßt: Auch A. Arzrunís Forderung, zunächst "die morphotrope Function der einzelnen Elemente und wenigstens der häufig wiederkehrenden zusammengesetzten Radicale" zu untersuchen, bevor "die Morphotropie als ein allgemeines Gesetz" formuliert werde (vgl. Arzruní, 1893, S. 230), nimmt durchaus einzelne Aspekte dessen worweg, was bei V. M. Goldschmidt als "Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente" erschien. Alle diese Ansätze gehen aber mehr oder weniger von der Voraussetzung aus, daß es die 'Natur der Elemente' sei, welche die Isomorphiebeziehungen bestimme; für Goldschmidt dagegen sind dies allein deren "gegenseitige Relationen", nicht bestimmte 'absolute Werte' wie eben die "absolute Menge oder absolute Größe" (s. o.).

Chemische Kristallographie **Groths** ist zum 'Sonderfall' der umfassenderen *Krystallochemie* **Goldschmidts** geworden, d. h. diese läßt sich durchaus noch als Fortsetzung der ersteren interpretieren, sie läßt sich aber eben nicht mehr ohne weiteres auf jene reduzieren. Die Einschränkung ihres 'Geltungsbereiches' ließ die **Grothsche** Chemische Kristallographie bzw. sein Hauptwerk, die CK, innerhalb weniger Jahre veraltet erscheinen.

Aus der Sicht der neuen *Krystallochemie* hatte sich die *Chemische Kristallographie* als ein 'Koloß auf tönernen Füßen' erwiesen. Und ein 'Koloß auf tönernen Füßen' war auch die politische Landschaft, in der sie entwickelt worden war, das Zweite Deutsche Kaiserreich.

1.2. Eine Mineralogie für das Deutsche Kaiserreich: Die Chemische Kristallographie in sozialgeschichtlicher Perspektive

Die **Grothsche** Konzeption einer Chemischen Kristallographie und ihre Entwicklung bis zu **V. M. Goldschmidts** *Krystallochemie* waren nun bisher vorwiegend aus einer inhaltlich-materialen Perspektive betrachtet worden. Die Chemische Kristallographie war allerdings wesentlich auch ein Produkt des politischen und sozialen Kontextes, in dem sie entstanden ist, d. h. des Zweiten Deutschen Kaiserreiches. Dies gilt in erster Linie hinsichtlich ihrer institutionellen Voraussetzungen, welche uns deshalb im Folgenden vor allem zu beschäftigen haben. Die Frage nach der Sozialgeschichte der Chemischen Kristallographie kann allerdings auch in einem etwas weiteren Sinne als die nach einem 'inneren Zusammenhang' zwischen der Gestalt der chemischen Kristallographie und der des Preußischen Staates verstanden werden. Einige solcher möglicher 'innerer Zusammenhänge' sollen hier zumindest am Rande angedeutet werden¹.

Groths Leben und seine wissenschaftliche Laufbahn waren immer aufs engste mit der Geschichte Preußens und des Zweiten Deutschen Kaiserreichs verbunden. **Paul von Groth** wurde am 23. 6. 1843 in Magdeburg geboren. Die Zeit, in die er hineingeboren wurde, war die der sogenannten preußischen Restauration. Diese Zeit war einerseits gekennzeichnet durch ein Wiedererstarken konservativer und orthodox-kirchlicher Kräfte, zum anderen durch die Aufstände und Unruhen in den deutschen

1. Es sei schon hier angemerkt, daß Groth - soweit bekannt - sich nicht selbst aktiv politisch betätigt hat, zumindest nicht in dem Maße, wie etwa sein norwegisches 'alter ego' W. C. Brögger, der 1906 in den norwegischen Reichstag (Storting) gewählt wurde. Im gleichen Jahr wurde Brögger auch zum Rektor der Universität Oslo für die Jahre 1907-1909 ernannt. Brögger an Groth, 2.10.1906 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 71). Ein Hinweis darauf, daß allerdings auch Groth mit dem politischen Tagesgeschehen besser vertraut war, als es die Quellen selbst zum Ausdruck bringen, kann u. a. darin gesehen werden, daß eines seiner elf Kinder der 1875 in Straßburg geborene Journalist und Zeitungswissenschaftler Otto Groth (gest. 1965) war. Hinsichtlich der hier in Rede stehenden Wechselwirkungen zwischen politisch-sozialer und wissenschaftlicher Entwicklung von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zum Beginn des ersten Weltkrieges sei deshalb auch speziell auf dessen "Geschichte der deutschen Zeitungswissenschaft" (1948) verwiesen. Vgl. O. Groth (1948), hier vor allem S. 209-235.

Ländern, die in den Märzrevolutionen von 1848 in Berlin, München und Wien sowie den Aufständen des darauffolgenden Jahres in der Pfalz, in Sachsen und in Baden gipfelten².

Das erste, woran **Groth** sich erinnern konnte, so berichtete er später in seinen *Lebenserinnerungen* (GLE), war der Dresdner Aufstand von 1849:

"Das älteste Ereignis, welches ich seit meinem sechsten Lebensjahre im Gedächtnis bewahrte, war die Dresdener Revolution vom Mai 1849, zu deren Unterdrückung die Hülfe preussischen Militärs hereigerufen wurde. Wir bewohnten damals den ersten Stock eines neuen Hauses in der Pirnaschen Vorstadt, unweit dessen die Revolutionsmänner unter Benutzung der Vorräte eines benachbarten Holzhofes eine stattliche Barrikade errichtet hatten; aus den nach einer Seitenstraße gehenden Fenstern erblickte ich ein anrückendes Bataillon preussischer Infanterie und als dasselbe an unserem Eckhause angelangt war, eilte ich nach einem Fenster der Hauptstrasse und konnte gerade noch sehen, wie der letzte der Freiheitshelden hinter der Barrikade verschwand; die Soldaten räumten so viele von den grossen Holzscheiten weg, als nötig war um die Strasse wieder für Fussgänger passierbar zu machen und marschierten dann in die innere Stadt; als aus dieser in den nächsten Tagen keine Schüsse mehr zu hören waren, stieg mein Vater, und ich mit ihm, über den Engpass der Barrikaden und näherten uns der inneren Stadt; als wir aber den Anfang der ersten Promenade (gegenüber dem botanischen Garten und dem Moritzmonumente) erreichten, fiel vor uns eine aus dem von den Insurgenten noch verteidigten Zeughause abgeschossene Gewehrkuugel zu Boden, was uns natürlich zur schleunigen Umkehr veranlasste"³.

Auch den Krieg Rußlands gegen die Türkei, Frankreich und Großbritannien ("Krimkrieg", 1853-56) hat **Groth**, noch keine fünfzehn Jahre alt, schon bewußt erlebt. Neben einigen künstlerischen Versuchen im Aquarellieren, Oelmalen und Steinzeichnen unter der Anleitung seines Vaters, des Kunstmalers **Philipp Groth**, bildete seine Hauptbeschäftigung zu dieser Zeit das Lesen von Büchern, besonders von Reisebeschreibungen, wodurch er sich entsprechende geographische Kenntnisse erwarb, welche er durch eigene Anfertigung von Karten zu befestigten suchte. So entwarf er dann während des Krimkrieges (nach den in den Läden aushängenden Plänen des Kriegsschauplatzes) eine Spezialkarte der Halbinsel und verfolgte auf dieser die Ereignisse, besonders die Belagerung von Sevastopol⁴.

Während seines Studiums war **Groth** ebenfalls ein aufmerksamer Beobachter der politischen Ereignisse geblieben. 1862, in dem

2. Vgl. exemplarisch Rovan (1995), S. 411-48.

3. Groth (GLE), S. 3f.

4. Vgl. Groth (GLE), S. 4f.

Jahr, in dem **Groth** sich an der Bergakademie in Freiberg einschrieb, wurde **Bismarck** zum preußischen Ministerpräsidenten und Außenminister ernannt⁵. Und da viele seiner "nächsten Freunde Preussen (meistens Rheinländer) waren, so wurden in jener politisch aufgeregten Zeit des Konfliktes der Regierung mit dem Landtage unsere täglichen Gespräche beherrscht durch die Ereignisse in Berlin"⁶. Dies habe ihn dann nicht zuletzt - neben der Tatsache, daß die Berliner Universität durch Gelehrte wie **Wilhelm** und **Alexander von Humboldt**, **Leopold von Buch**, die Gebrüder **Grimm** oder den Geographen **C. Ritter** die "erste Deutschlands" geworden sei, und den Eindrücken von der preußischen Hauptstadt und ihren Kunstschatzen, die er während einer Reise nach Berlin in den Osterferien 1863 sammeln konnte - in seinem Entschluß bestärkt, später in Berlin sein Glück zu versuchen⁷.

Zumindest indirekt waren die politischen Gegebenheiten auch mit verantwortlich dafür, daß **Groth** nicht - wie es sein ursprüngliches Ziel gewesen war - sächsischer Bergbeamter wurde. Auf eine spätere Anstellung im Staatsdienst konnten allein die Inländer (d. h. die Angehörigen des Königreichs Sachsen) rechnen, deren Studium aus diesem Grund auch stärker reglementiert war. **Groth** ließ sich deshalb, jetzt eben unter bewußtem Verzicht auf Anstellung im sächsischen Bergwerksbetrieb, als "Ausländer" eintragen, um in der Wahl seiner Vorlesungen und Uebungen völlig frei zu sein⁸.

Das politische Ereignis allerdings, daß **Groths** Werdegang in mehr als einer Hinsicht bestimmen sollte, war der Deutsch-Französische Krieg, ausgelöst durch **Bismarcks** Kürzung der *Emser Depesche* vom 19. 7. 1870. **Groth** erlebte dessen Beginn als gerade neu ernannter Dozent an der Bergakademie in Berlin⁹. Er hatte seine erste Vorlesung abgeschlossen und wollte zur Vorbereitung

5. Vgl. etwa Rovan (1995), S. 466-8.

6. Vgl. Groth (GLE), S. 15.

7. Vgl. Groth (GLE), S. 15f.

8. Vgl. Groth (GLE), S. 14 & 16.

9. Die Dozentur für Kristallographie, Mineralogie und allgemeine Geologie an der Berliner Bergakademie hatte Groth vom 1. 4. 1870 bis 1. 4. 1872 inne, und ab 1871 war er dann zugleich Privat-Dozent an der Universität Berlin. Vgl. hierzu auch Steinmetz/Weber (1938), S. 8; Strunz (1970), S. 24. Warum Groth - im Gegensatz zu anderen seiner Berliner Bekannten, wie etwa A. Kundt; vgl. Brezina an Groth, 6.2.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 2) - nicht einrücken mußte, wird von ihm nicht berichtet.

auf das Wintersemester eine geologische Studienreise an den Rhein unternehmen:

"Dieser Plan drohte jedoch hinfällig zu werden durch die im Juli eintretenden Ereignisse, welche unsere akademische Jugend zwangen zu den Fahnen zu eilen, um den Rhein gegen den feindlichen Angriff Frankreichs zu verteidigen. Wenn die Zurückbleibenden auch die Siegeszuversicht unserer Armee teilten, so war jene aufregende Zeit doch wissenschaftlicher Arbeit wenig günstig, die aber doch ungeachtet dessen fortgesetzt werden musste"¹⁰.

Seine Befürchtungen erwiesen sich allerdings als unbegründet: der Krieg sollte sich vielmehr sogar positiv auf seine Reise auswirken. Schon nach wenigen Tagen hatten "die unerwartet rasch aufeinander folgenden Siege das deutsche Heer in Feindesland" geführt und ihm so die Möglichkeit eröffnet, das Rheinland zu "wissenschaftlichen Studien" zu besuchen:

"... und so war es mir vergönnt, diesen schönsten, von Sage und Geschichte verherrlichten Teil des Rheins kennen zu lernen, ohne Beeinträchtigung des Genusses durch geräuschvolle Horden von Vergnügungsreisenden; denn diese fehlten gänzlich zu der Zeit, in welcher wenig entfernt im Westen an der Mosel jene Schlachten geschlagen wurden, durch die wir das uns 200 Jahre früher geraubte Elsass wiedergewannen"¹¹.

Ein Erlebnis aus dieser Zeit ist **Groth** später auch ganz besonders in Erinnerung geblieben, nämlich eine Begegnung mit dem preußischen König **Wilhelm I.**:

"Beim Verlassen meiner Arbeitsstätte am Lustgarten [der Bergakademie; B. F.] sah ich an einem dieser Tage vor dem neben der Bergakademie gelegenen Dome eine Ansammlung von Menschen neben einem dort haltenden Hofwagen; als ich vorüberschreiten wollte, mußte ich stehen bleiben, denn aus der Kirchentür trat die hohe Gestalt König Wilhelms, welcher vor seiner Abreise nach dem Kriegsschauplatz dem Gottesdienst beigewohnt hatte. Die Erinnerung an sein bleiches von dem Gefühl schwerer Verantwortung erregtes Antlitz hat in mir kein späterer Anblick des ruhmgekrönten Kaisers verlöschen können"¹².

Im November 1870, wenige Monate nach Beginn des Krieges, habilitiert Groth sich in Berlin. Und in seiner Antrittsrede formulierte er sein Programm einer Chemischen Kristallographie. Im Januar des folgenden Jahres ließ sich **Wilhelm I.** nach dem siegreichen Ende des Deutsch-Französischen Krieges in Versailles zum Kaiser des Deutschen Reiches krönen, **O. von Bismarck** wurde erster Deutscher Reichskanzler. Fünf Milliarden Francs, die als französische Reparationen nach Deutschland flossen, lösten einen

10. Groth (GLE), S. 84f.

11. Groth (GLE), S. 86.

12. Groth (GLE), S. 85.

(letztlich aber nur kurzen) Wirtschaftsboom und eine allgemeine Aufbruchstimmung in einem bis dahin nicht gekannten Ausmaß aus, die sogenannte *Gründerzeit*¹³.

Für **Groth** sehr viel bedeutsamer erwies sich allerdings eine andere Folge des Deutsch-Französischen Krieges: Elsaß-Lothringen kam als Reichsland zum Deutschen Reich, und eine der Maßnahmen, diesen neuen Landesteil zu einem festen Bestandteil des Reiches zu machen, war die Gründung der Reichsuniversität in Straßburg, die 1877 - anlässlich ihres fünfjährigen Bestehens - in **Kaiser-Wilhelm-Universität** umbenannt wurde. Sie war von Beginn an als Muster und Aushängeschild '(moderner) deutscher Wissenschaft' konzipiert, und viele der Namen der dorthin berufenen Professoren - der Chemiker **A. von Baeyer**, der Volkswirtschaftler und Historiker **G. Schmoller** (1838-1917), der Archäologe **A. Michaelis** (1835-1910) u. a. - sollten sich später unter der Elite der deutschen Wissenschaften finden¹⁴.

Auf die Professur für Mineralogie wurde zum 20.4.1872 der junge (damals gerade wenige Wochen vor seinem 29. Geburtstag stehende) **Paul Groth** berufen. Zum Kurator der neuen Universität war mit Erlaß des Reichskanzleramtes vom 11. 12. 1871 der ehemalige badische Außenminister **Franz Freiherr von Roggenbach** (1825-1907) bestellt worden¹⁵. **Roggenbach** fragte Anfang Februar 1872 bei **Groth** an, ob er "geneigt wäre, einem Rufe zur Uebernahme des Lehrstuhles der Mineralogie und Krystallographie an der neuen Hochschule Folge zu geben?"¹⁶. Ein Grund für **Groths** rasche Zusage¹⁷ mag auch gewesen sein, daß er manche seiner neuen

13. Vgl. etwa Rovan (1995), S. 484-7.

14. Zur Gründungsgeschichte und den Zielen der neuen Universität vgl. vor allem Nebelin (1991), S. 61f.

15. Roggenbach war 1861 badischer Außenminister geworden und für die Gründung eines kleindeutsch-liberalen Reiches unter preußischer Führung eingetreten, dann aber 1865 wegen der Politik Bismarcks zurückgetreten. Der (anonyme) Herausgeber einer Sammlung von Universitätsreden anlässlich der Gründung bzw. dem 25-jährigen Bestehen der neuen Reichsuniversität beschrieb ihn als einen "staatsmännischen Vertreter jener liberalen Bürgerlichkeit, die daran gescheitert war, das politische Schicksal des Vaterlandes nach ihrem Sinne zu formen und sich nun umso eifriger anschickte, mit geistigen Waffen den Primat Deutschlands zu behaupten, der soeben mit Blut und Eisen errungen worden war". Straßburger Universitätsreden (Einführung), S. 9.

16. Roggenbach an Groth, 8.2.1872 (BSB-Hs: Grothiana X/Roggenbach 1). Zu Groths Berufung nach Straßburg vgl. auch Steinmetz/Weber (1938), S. 7 (dort fälschlich "von Roggenstein").

17. Schon kurze Zeit später hat Roggenbach Groths Zusage begrüßt. Roggenbach an Groth, 17.2.1872 (BSB-Hs: Grothiana X/Roggenbach 2).

Kollegen schon aus Berlin kannte, so **Baeyer** oder den Physiker **A. Kundt**¹⁸. Bei seinem ersten Zusammentreffen mit **Roggenbach** und dessen Mitarbeiter **Friedrich Althoff** (1839-1908)¹⁹ im Mai 1872 hatten diese ihm dann auch zu verstehen gegeben, daß für den Aufbau der neuen Universität nahezu unbeschränkte Geldmittel zur Verfügung stünden²⁰. Und **Groth** nutzte die ihm gebotenen Möglichkeiten. Er baute in Straßburg ein Institut auf, das seinen Fachkollegen bald als "Mustereinrichtung" galt²¹ und - zumindest im deutschen Sprachraum - zunächst keine Konkurrenz hatte²².

Dabei wäre dann allerdings auch zu sehen, daß es eigentlich zu dieser Zeit noch kaum mineralogische Institute an den deutschen Hochschulen gab. **Groth** selbst hat die Situation im Jahr 1870 in seinen *Lebenserinnerungen* mit Bezug auf seine Ernennung zum Dozenten an der Bergakademie in Berlin beschrieben:

"So hatte ich denn, schneller als ich zu hoffen gewagt hatte, das Ziel meiner Wünsche, Hochschuldozent zu werden, erreicht und welches unerhörte Glück unter den damaligen Verhältnissen mir damit zuteil geworden war, konnte ich aus dem Beispiel meines älteren Freundes G. vom Rath entnehmen; dieser hatte sich vierzehn Jahre vorher in Bonn habilitiert, hatte sieben Jahre später den Titel eines ausserordentlichen Professors erhalten und bezog damals in seinem vierzigsten Lebensjahre trotz seiner zahlreichen verdienstvollen wissenschaftlichen Arbeiten, nicht nur keinen Gehalt, sondern auch keinerlei pekuniäre Unterstützung seiner Lehrtätigkeit. Für die Aussichten eines Mineralogen, der sich der Laufbahn eines Dozenten widmen wollte, kam auch der Umstand in Betracht, dass ausser in Freiberg, Berlin und München an allen Hochschulen Deutschlands nur eine einzige Professur für Mineralogie, Geologie und Paläontologie existierte und diese nicht mit einer besoldeten Assistentenstelle versehen war, wie sie für andere naturwissenschaftliche Fächer das Emporkommen des Nachwuchses erleichterte. So erklärt es sich, dass es damals an den deutschen Universitäten, abgesehen von einigen der grössten, keinen einzigen Privatdozenten der Mineralogie und Geologie gab"²³.

18. Vgl. Groth (GLE), S. 61.

19. Althoff wurde selbst 1872 Professor für Rechtswissenschaft in Straßburg, ab 1882 war er im preußischen Kultusministerium tätig und leitete schließlich von 1897-1907 die Hochschulabteilung. Zu Althoff vgl. etwa vom Brocke (1987); vgl. auch die einzelnen Beiträge in vom Brocke (Hrsg.) (1991).

20. Vgl. Groth (GLE), S. 116. Vgl. auch Straßburger Universitätsreden (Einführung), S. 8. Vgl. ferner Steinmetz/Weber (1939), S. 9.

21. So etwa W. C. Brögger, der selbst im Sommer 1878 in Straßburg bei Groth (und H. Rosenbusch) studiert hatte. Brögger an Groth, 10.12.1880 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 13).

22. Vgl. hierzu und zum Folgenden auch Steinmetz/Weber (1938), S. 9f.

23. Groth (GLE), S. 77.

Groths Ziel in Straßburg war es nun gewesen, in Deutschland eine Schule chemisch und kristallographisch/physikalisch orientierter Mineralogen heranzuziehen. Diese Zielsetzung formulierte er vor allem 1875 in einer Schrift *Über das Studium der Mineralogie auf den Deutschen Hochschulen*. Das Straßburger Institut sollte "nicht nur Schule, sondern auch Werkstätte der Wissenschaft" sein; erst ein Institut mit einer solchen gewissermaßen doppelten Funktion - "wie es zur Zeit wohl noch an keiner anderen, als der jüngsten der deutschen Universitäten besteht" - sei geeignet, gerade auch denjenigen zu dienen, welche die Mineralogie zum "Hauptgegenstand ihres Studiums" machen wollten²⁴.

In **Groths** Bestimmung der Rolle der Mineralogie auf den Hochschulen wird jetzt vor allem auch die wissenschaftspolitische Funktion seines Programms der Chemischen Kristallographie deutlich. Im bewußten Anschluß an die 'moderne' (organische) Chemie wollte er der Mineralogie eine neue disziplinäre Matrix geben, welche vor allem auch den Zweck hatte, der Mineralogie ihren Platz unter den modernen Naturwissenschaften zu sichern²⁵.

24. Vgl. Groth (1875), S. 18 & 20. Besonderen Wert legte Groth in dieser Hinsicht auf das Angebot entsprechender Spezialvorlesungen einschließlich praktischer Übungen, so vor allem einer Vorlesung über physikalische Kristallographie (besonders optische Eigenschaften der Kristalle) und deren Anwendung bei kristallographischen Untersuchungen. Ein zentraler Teil des Lehrplans war weiter die "Anleitung zur praktischen Handhabung der Methoden, durch welche die Eigenschaften der festen Körper, besonders ihre Krystallform, bestimmt werden". Daß die letztere Aufgabe nur durch eine zweckmäßige Ausstattung des Institutes mit Arbeitsräumen, Apparaten usw. erfüllt werden könnte, sei selbstverständlich. Vgl. Groth (1875), S. 19. Daraus entstand dann auch Groths Unterrichtsschema - ausführliche Mineralogievorlesung im WS, Vorlesung über physikalische Kristallographie im SS nebst mineralogischem Bestimmungs- und optisch-kristallographischem Praktikum -, welches er sein Leben lang beibehielt. Vgl. auch Steinmetz/Weber (1938), S. 9.

25. Dies gilt dann vor allem auch im Hinblick auf die zu seiner Zeit dominierende organische Chemie, d. h. die Mineralogie mußte sich nicht nur überhaupt neben der Chemie behaupten, sondern (als primär anorganische Chemie) vor allem auch neben der organischen Chemie. So fühlte Groth sich etwa 1875 (im Zusammenhang mit der Nachfolge Baeyers, der 1875 als Nachfolger J. von Liebig's nach München gegangen war) zu einer Eingabe an Bismarck persönlich veranlaßt, um die Interessen der anorganischen Chemie bzw. der Grundausbildung in chemischen Analysemethoden zu wahren. Baeyer hatte für den Anfängerunterricht einen eigenen Lehrer berufen, und Groths Sorge war, daß diesem die Zuständigkeit hierfür erhalten bliebe (und diese nicht etwa durch den Nachfolger übernommen würde). Die Absicht der Berufungskommission (der auch Groth angehörte) war es, einen organischen Chemiker zu berufen. Und dies war auch Groths Interesse. Aber er befürchtete eine Vernachlässigung der (nicht zuletzt für 'seine Mineralogen')

Groth hatte gewissermaßen beide Seiten - die traditionelle Mineralogie in Freiberg, die moderne Physik und Chemie in Berlin - kennen gelernt. Und er hatte sehr wohl gesehen, daß erstere hierbei den Anschluß zu verlieren drohte. Mit Bezug auf die erstere stellte er fest, daß sich eigentlich in der Mineralogie bereits seit mehreren Jahrzehnten ein Wandel vollziehe, durch welche ihre "früheren letzten Zwecke und Ziele in die untergeordnete Rolle von Mitteln, welche zum Hauptzweck der Wissenschaft dienen, herabgerückt werden"; erst wenn dies auch in der Gestaltung des Mineralogiестudiums seinen Ausdruck finde, könnte die Mineralogie, mehr als bisher, "in dem Kreise der übrigen Naturwissenschaften eine weit grössere Bahn für wahrhaft nützliche Wirksamkeit" vorfinden²⁶.

Die Zukunft der Mineralogie sah **Groth**, vereinfacht ausgedrückt, in ihrer Neukonstitution als 'Materialwissenschaft'. Dies bedeutete eine Herauslösung aus dem Kontext der alten beschreibenden Mineralogie - und überhaupt aus dem der Geowissenschaften - und ihre Neukonstitution (so, wie dies eigentlich schon **Berzelius** zu Anfang des Jahrhunderts propagiert hatte) als ein Teilgebiet der Chemie, und zwar - wie er dies ja schon 1870 in seiner Habilitationsrede skizziert hatte - als "descriptive Chemie", d. h. als die "Wissenschaft von den materialen Eigenschaften" der Körper, im Gegensatz zur eigentlichen Chemie, deren Gegenstand nur die "Veränderungen" der Körper seien²⁷. Daraus folgt, daß der Gegenstand einer solchen Mineralogie nicht nur die natürlich vorkommenden Mineralien sein

bedeutsamen Ausbildung in der chemischen Analyse: "Dadurch, daß zur Zeit alle hervorragenden Chemiker auf dem Gebiete der organischen Chemie arbeiten, ist an den meisten deutschen Universitäten der Unterricht der großen Mehrzahl der chemischen Laboranten durch erhebliche Mängel geschädigt. Der betreffende Professor concentriert nämlich gewöhnlich sein ganzes Interesse auf die Arbeiten in der organischen Chemie, welche von den vorgeschrittenen Schülern ausgeführt werden, und überläßt den praktischen Unterricht in der unorganischen, namentlich analytischen Chemie, Assistenten, welchen natürlich nur geringe Erfahrungen zur Seite stehen, und welche in gleich ungenügender Weise ausgebildet worden sind. Dieser Unterricht ist nun aber in praktischer Beziehung der bei Weitem wichtigere, weil er durchschnittlich 3/4 der Laboranten betrifft". Groth an Bismarck, ca. 1875 [Briefentwurf] (BSB-Hs: Grothiana IX/Bismarck). Der Briefentwurf befindet sich in Groths Nachlaß; es läßt sich also nicht mit Sicherheit sagen, ob das Schreiben tatsächlich abgesandt wurde.

26. Vgl. Groth (1875), S. 3f.

27. Vgl. Groth (1875), S. 5f. (Herv. B. F.).

konnten; die Aufgabe der Mineralogen sei es vielmehr, die Eigenschaften aller "festen Substanzen zu erforschen, gleichviel, ob sie sich zufällig natürlich vorfinden, oder ob Sie Jenen [den Mineralogen; B. F.] von den Chemikern geliefert werden"²⁸. Und daraus folgt weiter, daß der "Vortrag über Mineralogie voll und ganz auf dem Boden derjenigen Anschauungen" stehen muß, "welche heutzutage überall den chemischen Unterricht beherrschen", und sich nicht etwa "in absichtlichen und ausgesprochenen Gegensatz stellt zu den theoretischen Vorstellungen, welche uns das Studium, namentlich der organischen Körper, als richtigere kennen gelehrt hat"²⁹.

Die Befürchtung, daß durch diese neue Form der Mineralogie - als "descriptive Chemie" und eben nicht mehr als "naturhistorische Mineralogie" - das Studium der geologischen Wissenschaften auf den Hochschulen weniger betrieben werde, erklärte **Groth** für unbegründet. Sein Ziel war zunächst eine stärkere Trennung der einzelnen geowissenschaftlichen Disziplinen, so etwa auch die Errichtung eigener Lehrstühle (neben der Mineralogie) für Petrographie. Auf der anderen Seite hat er aber auch immer klargestellt, daß - im Falle, daß man sich (etwa bei kleineren Hochschulen) zwischen einem Dozenten für Mineralogie und einem solchen für Geologie zu entscheiden habe - der Mineralogie im Lehrangebot eindeutig der Vorzug zu geben sei³⁰.

Groths Studienmodell bzw. überhaupt die Einrichtung des Straßburger Instituts entsprach so - wie sein Programm der Chemischen Kristallographie selbst und später auch das der ZfK - weitgehend dem Modell einer 'konservativen Modernisierung'³¹. Sein Ziel war es letztlich nicht, die bestehenden Strukturen des Faches aufzulösen bzw. eine wirklich neue Struktur zu schaffen. Wenn er die Hinordnung der Mineralogie auf die Chemie und Physik forderte, so machte er im Grunde nur nachträglich zum expliziten Programm, was etwa **E. Mitscherlich**, **G. Rose** oder **K. Rammelsberg** bereits getan hatten. Und wenn er nun erstmals an einer deutschen Hochschule ein eigenes mineralogisches Laboratorium einrichtete,

28. Vgl. Groth (1875), S. 6 (Herv. B. F.).

29. Vgl. Groth (1875), S. 8.

30. Vgl. Groth (1875), S. 15-7 & 20f.

31. Zu diesem Begriff bzw. den verschiedenen Modellen institutioneller Modernisierung vgl. noch einmal Kap. B. 1. Anm. 4.

so folgte er hier eben letztlich einer Entwicklung, welche etwa für die Chemiker keinesweg mehr 'revolutionär' war. Vor allem aber fehlte bei ihm das, was eigentlich für eine 'revolutionäre Modernisierung' charakteristisch ist, nämlich der Versuch, ein Programm auch gegen Widerstände der bestehenden (staatlichen) Institutionen (d. h. mit Hilfe etwa außerstaatlicher Unterstützungen) durchzusetzen. Dazu bestand aber auch keine Veranlassung. **Groths** Konzeption der Mineralogie fügte sich zwanglos in die allgemeinen Zielsetzungen der - von vornherein als 'moderne Universität' konzipierten - neuen Straßburger Hochschule ein, oder anders gesagt: sie entsprachen ganz dem 'Straßburger Geist', aus dem heraus die Gründung der Universität erfolgt war (s. u.).

Groths Konzept hat sich bewährt. Zumindest konnte er die Entwicklung der Studentenzahlen als Bestätigung empfinden. Im Wintersemester 1879/80, so berichtete er **Brögger**, habe er "fast 50 Zuhörer in der Mineralogie" gehabt, sodaß er "alle Uebungsstunden dupliren musste"³². Und zu Anfang des Wintersemesters 1880/81 hätten sich "so Viele für das Laboratorium" angemeldet, daß er mehrere habe zurückweisen müssen. Trotzdem würden jetzt doppelt so viele Studenten im Labor arbeiten wie noch zweieinhalb Jahre zuvor, als **Brögger** in Straßburg war³³.

Eine Folge der erfolgreichen Tätigkeit **Groths** in Straßburg war auch, daß er von Beginn an - wie kaum ein anderer deutscher Mineraloge seiner Zeit - in Beziehung zur preußischen Hochschulpolitik stand. Und das hieß vor allem, daß sein Rat bei der Besetzung der entsprechenden Lehrstühle (Mineralogie, Petrologie, Geologie) im Deutschen Reich in der Folgezeit regelmäßig gehört wurde (was **Groth** dann natürlich auch im Sinne seiner Konzeption einer "modernen Mineralogie" nutzte)³⁴.

32. Groth an Brögger, 9.3.1880 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

33. Groth an Brögger, 2.1.1881 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

34. Beispiele hierfür bieten natürlich vor allem die Briefe von F. Althoff. 1883 ging es um die Nachfolge von Th. Liebisch in Breslau, welcher das neu eingerichtete Extraordinariat für Mineralogie in Greifswald übernommen hatte. Vorgeschlagen war **Groths** ehemaliger Straßburger Schüler A. Arzruni, der von der Breslauer Fakultät auch akzeptiert würde, zumal dort bekannt sei, daß auch **Groth** ihn unterstütze. Althoff wünschte hierzu allerdings noch zwei spezielle Auskünfte: Zum einen hieße es, Arzruni sei verheiratet. Da er aber seine Frau noch nirgends vorgestellt habe, so sei vermutet worden, daß er gar nicht verheiratet sei, sondern "in einem freien Verhältniss zu der betr.[effenden] Dame stehen" solle. Zum anderen sei Arzruni: habe er also "in Russland irgendwie an politischen Bestrebungen

Daß **Groth** schließlich - trotz der äußerlich scheinbar guten Bedingungen - aus Straßburg wegging, mag seine Ursache auch darin gehabt haben, daß die neue Universität letztlich nicht die Akzeptanz gefunden hat, die zunächst für sie erhofft worden war. Einer der Gründe hierfür waren die Spannungen zwischen der einheimischen Bevölkerung und den 'neuen Herren' des Landes. Der Deutsche Kaiser **Wilhelm I.** (1797-1888) machte diese Spannungen anlässlich eines Besuches in Elsaß-Lothringen im September 1877 indirekt deutlich, wenn er etwa Verständnis dafür zeigte, daß dem Bürgermeister der Stadt Weißenburg (Wissembourg) "der Übergang in die neuen Verhältnisse schwer geworden ist". Aber es sei Zeit genug, "die natürliche Entwicklung abzuwarten", und von dem Oberpräsidenten habe er auch schon erfahren, "daß auch hier sich die Verhältnisse freundlicher gestalten"³⁵. Und ähnlich äußerte er sich auf den weiteren Stationen seiner Reise. Als ein Beitrag zu dieser 'Normalisierung' war nicht zuletzt die Universität Straßburg gedacht gewesen. An den damaligen Rektor der Universität gewandt, den Physiker **August Kundt** (1839-1894), formulierte **Wilhelm I.** diese Erwartung, wenn er sagte, "daß auch

theilgenommen und wie steht es mit seinen Gesinnungen für Deutschland". Althoff an Groth, 7.3.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Althoff 3). Zum Ordinariat in Greifswald auch Althoff an Groth, 22.11.1882 (BSB-Hs: Grothiana X/Althoff 1). Im gleichen Jahr stand auch die Nachfolge von H. Bücking in Kiel an. Auf dem ersten Platz der Liste stand H. Laspeyres (vor H. Eck, Stuttgart, und den beiden Groth-Schülern A. Arzruni und E. Cohen), welcher die Stelle auch erhielt. Althoff an Groth, 8.11.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Althoff 5). Ein weiteres Beispiel für Groths Gewicht bei der Besetzung der Lehrstühle für Mineralogie im Deutschen Reich ist A. Pencks Anfrage bezüglich der Nachfolge von Th. Liebisch in Berlin. Favorisiert waren eigentlich F. Becke (Wien) und F. Rinne (Leipzig), welche allerdings beide aus Altersgründen nicht mehr in Frage kämen. P. Niggli und V. M. Goldschmidt wurden gar nicht erst auf die Liste gesetzt, weil diese - angesichts der Nachkriegsverhältnisse - kaum Interesse zeigen dürften, nach Deutschland zu gehen. Groth hatte dann besonders den damals in Kiel tätigen A. Johnsen empfohlen, welcher schließlich auch berufen wurde. Penck an Groth, 16.2.1921 & 29.3.1921 (BSB-Hs: Grothiana X/Penck 1 & 2). Um Besetzungen in Jena geht es in Groth an Sohncke, 29.3.1885 (BSB-Hs: Grothiana IX/Sohncke 3). Dies gilt übrigens auch nicht nur für das Deutsche Reich: Vor allem für die Neubesetzungen in Österreich- Ungarn war Groths Meinung gefragt (dort allerdings dann auch nicht immer die maßgebliche). Bezüglich der Neubesetzung des Lehrstuhls für Mineralogie in Innsbruck (zur Wahl standen F. Becke und A. Cathrein, welcher letzterer - entgegen dem Wunsch von Tschermak und Groth - die Stelle erhielt) vgl. Tschermak an Groth, 17.3.1890 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 23).

35. Vgl. Wilhelm I. (1906), S. 327.

Ihre Universität zum Segen des Landes wachsen, im Dienste der Wissenschaft wirken und zur Versöhnung der Gemüther beitragen werde"³⁶.

Diese ursprünglichen Hoffnungen bezüglich der Funktion der Straßburger Universität hatten sich also zumindest 1877 noch nicht erfüllt. Und dies mag, wie gesagt, **Groths** Entscheidung, aus Straßburg wegzugehen, mit beeinflußt haben. Er selbst hat dies in einem Schreiben an einen Wiener Mineralogen (wohl **G. Tschermak** oder **A. Schrauf**), welcher sich für seine Nachfolge interessierte, allerdings vor allem mit dem wenig guten Verhältnis zu seinen Straßburger Kollegen begründet:

"Auf Ihren freundschaftlichen Brief eile ich Ihnen in ebenso vertraulicher Weise zu antworten. Ich habe bisher nicht geglaubt, daß Sie von Wien je fortgehen würden, und möchte bezweifeln, daß Sie sich hierzu entschließen würden, wenn Sie hören, daß der Gehalt meiner Stelle sich auf 6600 Mark beläuft und Sie nach den hiesigen Verhältnissen noch nicht auf 1/3 Ihrer jetzigen Zuhörerzahl zu rechnen hätten. Der Tausch wäre zu schlecht! Was meine Gründe, fortzugehen, betrifft, so liegen dieselben jedoch nicht in der geringen Besoldung, denn in München erhalte ich nicht einen Pfennig mehr, sondern in der Aussicht, dort einen größeren Schülerkreis um mich zu sammeln und vor Allem in den dortigen angenehmen collegialen Verhältnissen. Namentlich mit Baeyer und Zittel hoffe ich auf ein schönes freundschaftliches Zusammenwirken, was mir von Seiten der hiesigen Chemiker gänzlich gefehlt hat. Die Verhältnisse sind hier derart ungemüthlich, daß ich darauf verzichtet habe, mich irgendwie an den Berathungen über die Wahl meines Nachfolgers zu betheiligen, und die Herren, welche als Commission dieselbe vorbereiteten, sind gegen mich so geheimnisvoll gewesen, daß ich nicht die geringste Ahnung habe, wen sie heute Nachmittag der Facultät vorschlagen werden"³⁷.

Ähnlich schilderte er die Gründe für seinen Wechsel nach München seinem Freund **Brögger** in Oslo, wobei er auch seine Erwartungen bezüglich der in München zu leistenden Arbeit darstellte. Insbesondere der Zustand der Münchner mineralogischen Sammlung, welche er dort mit zu betreuen hätte, machte ihm Sorgen:

"Vor zwei Wochen erhielt ich nun das erste Berufungsschreiben mit dem Wunsche des Ministerium, auf einige Tage nach München zu kommen zu persönlicher Besprechung. Ich habe nun dort den Herrn gesagt, es sei durchaus nöthig grössere Mittel zur Einrichtung eines Laboratoriums zu bewilligen. Man berathet jetzt, wie viel man mir garantiren kann, und ich werde alsdann

36. Vgl. Wilhelm I. (1906), S. 327.

37. Groth an Unbekannt, 17.5.1883 (BSB-Hs: Grothiana IX/Unbekannt 9). Der Brief befindet sich in Groths Nachlaß, d. h. es handelt sich wohl entweder um eine Abschrift oder aber um einen Brief, der nicht abgesandt worden war.

darüber ein Schreiben des Ministers erhalten, und erst nach dessen Empfang werde ich mich entscheiden, was ich thue. Es liegt auf der Hand, dass ich in München, welches 3 mal so viel Studenten hat als Strassburg, einen viel grösseren Wirkungskreis finden würde, als hier, dass ferner die Stadt viel angenehmer ist und besonders, dass ich dort weit angenehmere gesellige und collegiale Verhältnisse und Beziehungen fände. Diesem grossen Vortheile stehen freilich auch Nachtheile gegenüber: die Sammlung enthält viele kostbare Sachen, ist aber höchst verwahrlost und unvollständig, und zur Completirung sind keine Mittel da, weil das von dem ultramontanen Parlament nur schwierig zu erhaltende Geld lange Jahre hindurch verwendet werden muss, um Apparate anzuschaffen und ein Laboratorium einzurichten. Ich müsste sicher so lange auf Ankäufe verzichten und versuchen, durch Schenkungen meiner Freunde, durch Tausch oder wenigstens nur durch sehr billigen Kauf die Collection möglichst zu completiren. Mit allen Einrichtungen müsste ich wieder ganz von vorn anfangen und mehrere Jahre dafür opfern, wenn ich auch glaube, dass dieses Opfer nicht vergebens wäre und ich vielleicht allmählich noch Besseres schaffen könnte, als hier. Sie sehen also, dass der Entschluss ein sehr schwerer ist und ich würde gern auch Ihre Meinung hören. Fast alle Fachgenossen meinen, ich müsste annehmen, um in Bayern die Mineralogie zu Ehren zu bringen, weil nach meiner Ablehnung dort nichts Bedeutendes für d.[ie] Sache geschehn würde. Man überschätzt wohl mein Können ein wenig"³⁸.

In seiner Antwort äusserte **Brögger** Verständnis für **Groths** Bedenken. Es sei sicher schwierig für ihn, "das so schön ausgestaltete Institut in Strassburg", sein "eigenes Werk, ... für alle Zeit zu verlassen und einem neuen Direktor zu übergeben". Aber er riet ihm dann doch klar zu, den Ruf aus München anzunehmen:

"Was Sie in Strassburg in so kurzer Zeit geschaffen haben, ist so bewundernswerth, dass man wohl zu dem Glauben berechtigt ist, dass Sie auch in München unter den hier wohl z. Th. recht schwierigen ökonomischen Verhältnissen ein Grosses für die Mineralogie leisten würden. Auch ist München ja in mehreren Beziehungen eine überaus angenehme Stadt, während Strassburg eigentlich ein langweiliges Nest ist. ... Im Ganzen ... glaube ich doch, dass die grosse Wirksamkeit, die rege Thätigkeit mit neuen grossen Leistungen für die Mineralogie in Bayern Ihnen eben gut passen würde; wenn ich Sie wäre, meine ich, ich würde nach München ziehen: ... wählen Sie den grössten Wirkungskreis, was wohl München sein dürfte, es wird gewiss gesegnet für die Mineralogie sein!"³⁹.

Groth war also bereits ein bekannter Mineraloge und Kristallograph, als er zum 1. 9. 1883 als Nachfolger **Franz von Kobells** (1803-1882) als ordentlicher Professor für Mineralogie und Kristallographie an die Universität München berufen wurde und

³⁸Groth an Brögger, 31.1.1883 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

³⁹. Brögger an Groth, 13.2.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 21).

gleichzeitig, ebenfalls in der Nachfolge von **Kobell**, die Leitung der Bayerischen Mineralogischen Staatssammlung übernahm⁴⁰. Seine Fürsprecher waren in erster Linie sein ehemaliger Straßburger Kollege, der Chemiker **A. von Baeyer**, der seit 1875 als Nachfolger **J. von Liebig**s in München war, sowie der Geologe **Karl Alfred von Zittel** (1839-1904) gewesen, seine Konkurrenten **Ferdinand Zirkel** (1838-1912) und **Karl von Haushofer** (1839-1895). Ausschlaggebend für **Groths** Berufung dürfte die Fürsprache durch seinen Straßburger Kollegen **Baeyer** gewesen sein⁴¹.

Wie schon in Straßburg, traf **Groth** auch in Bayern auf günstige äußere Bedingungen. Sein Wirken fiel in die sogenannte Prinzregentenzeit, die Herrschaft des Prinzregenten **Luitpold** (1821-1912) von 1886 bis 1912, die gewissermaßen für 'Bayerns Eintritt in die Moderne' steht. Die Regentschaft des Prinzregenten brachte für Bayern nicht nur eine fortschreitende Technisierung und Industrialisierung, sondern auch einen neuen Abschnitt in der Kulturpolitik, welcher sich u. a. im Ausbau der Universitäten in München, Würzburg und Erlangen niederschlug⁴².

40. Auch in Straßburg hatte **Groth** ja die mineralogische Sammlung der Universität zu betreuen gehabt, und insbesondere auch dadurch hat er sich einen Namen unter den Mineralogen gemacht. Die Grundsätze seiner Systematik hat er zuerst 1874 in der ersten Auflage seiner "Tabellarische Übersicht der einfachen Mineralien nach ihren kristallographisch-chemischen Beziehungen geordnet" entwickelt. Eine Beschreibung der Sammlung, welche zum Vorbild für viele deutsche Sammlungen wurde, hat **Groth** 1878 gegeben. Vgl. hierzu auch Steinmetz/Weber (1938), S. 9-11.

41. Vgl. Steinmetz/Weber (1938), S. 10f. Im Einzelnen wäre dies noch zu untersuchen; so konnten bisher die Akten zur Berufung **Groths** im Archiv der Universität München noch nicht vollständig ausgewertet werden. Siehe dazu auch die Abschrift bzw. den Entwurf eines Schreibens **Groths** (bezügl. Gehalt in München usw.) an **J. Völk**, den damaligen Universitätsreferenten im Kultusministerium: Groth an Völk, 21.1.1883 & ca. 1883 (BSB-Hs: Grothiana IX/Völk 1 & 2). Zu **Völk** vgl. auch K. Bücher, in vom Bruch/Müller (Hrsg.) (1986), S. 127. Seine Zusage hatte **Groth** am 7.4.1883 an das Ministerium in München gesandt. Groth an Unbekannt, 8.4.1883 (BSB-Hs: Grothiana IX/Unbekannt 8). Hinsichtlich **Groths** Berufung nach München wäre vor allem auch zu prüfen, wie weit diese nicht zuletzt von Berlin aus betrieben wurde. So hatte ihm **F. Althoff** schon Ende 1882 "ganz vertraulich" mitgeteilt, "daß wir Sie gelegentlich einmal von Straßburg wegholen müßten". Althoff an Groth, 5.12.1882 (BSB-Hs: Grothiana X/Althoff 2).

42. Vgl. Hubensteiner (1977), S. 439 & 447f. Die Berufung **Groths**, der für eine preußische Wissenschaftspolitik stand, 'paßte' auch im übertragenen Sinne in die politische Landschaft Bayerns im ausgehenden 19. Jahrhundert. Das Sich-Einfügen in den kleindeutschen Nationalstaat und seine Kultur schien sich für Bayern nicht zuletzt wirtschaftlich bezahlt zu machen, und so wollte man auch in Bayern "deutsch" sein - und dies hieß zugleich: man wollte "modern" sein. Vgl. Hubensteiner (1977), S. 443f.

So wurde kurz nach **Groths** Amtsübernahme durch den Neubau der Kunstakademie die Alte Akademie in der Neuhauser Straße in München für die naturwissenschaftlichen Institute und Sammlungen frei. Hier konnte dann **Groth** ein neues mineralogisches Institut von wesentlich größeren Ausmaßen einrichten, als es in den beschränkten Räumen der Universität für seinen Vorgänger **Kobell** möglich gewesen war. Den Umbau nutzte **Groth** dann auch für eine komplette Neugestaltung der mineralogischen Sammlung⁴³. t

Mit der o. g. Einschätzung der Lage in München bzw. der Arbeit, die ihn hier erwartete, hatte **Groth** sich nicht getäuscht. Nach zwei Semestern in München berichtete er **Brögger**, daß er "zu wissenschaftlichen Arbeiten leider jetzt und in den folgenden Jahren gar nicht" kommen werde, da ihn "die Reorganisation des Institutes ... ganz in Anspruch" nehme. Auch die Zahl der Hörer (50-60) mache "wegen der Uebungen viel Arbeit, da natürlich noch nicht Alles so eingerichtet ist, wie es sein sollte"⁴⁴. Und nach einem weiteren Semester schrieb er wieder an **Brögger**, daß er sich "hier noch immer sehr plagen" müsse, "um die hiesige Mineralogie auf einen besseren Status zu bringen". Vorlesungen über physikalische Kristallographie seien hier überhaupt "etwas Neues und daher noch wenig besucht". In einem "Kurzen mineralog.[ischen] Colleg für Mediziner" habe er dagegen "fast 100 Zuhörer!". Immerhin sei jetzt aber zumindest das "Laboratorium ... schon ziemlich complet"⁴⁵.

Im Herbst 1885 sollten dann die Mittel für den Umbau des Akademiegebäudes bewilligt werden, der **Groth** größere Räumlichkeiten und die Möglichkeit zur Neuauftellung der Sammlung - von deren Zustand er wenig positives berichten konnte 7 P - gab. Wieder an **Brögger** schrieb er:

"Das Ministerium will im Herbst die Mittel zum Umbau der Akademiegebäude von der Kammer verlangen, dann würde ich im nächsten Jahr neue und viel grössere Räume für unser Institut erhalten und müsste dann die Sammlung ganz anders aufgestellt werden. Dazu müssen aber erst von allen Stücken die 1-3 mm dicken Krusten von Staub und Pilzen entfernt, die Bestimmungen revidirt, etwa die Hälfte als überflüssige und werthlose Doubletten fortgegeben, die Lücken ausgefüllt und das Ganze geordnet werden. Erst wenn ich mit dieser Arbeit fertig bin,

43. Vgl. hierzu auch Steinmetz/Weber (1938), S. 10f.

44. Groth an Brögger, 11.1.1884 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

45. Groth an Brögger, 3.5.1884 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

werde ich mich wieder wissenschaftlichen Untersuchungen widmen können"⁴⁶.

Im September 1887 haben die Umbauarbeiten, zu denen vor allem auch eine entsprechende moderne technische Ausstattung (mit Projektionsvorrichtungen und elektrischem Licht) der Hörsäle gehörte⁴⁷, einen zumindest vorläufigen Abschluß gefunden. Nicht

46. Groth an Brögger, 12.7.1885 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). 1890 hat Groth auch (als Nachfolger von E. Schafhäütl) den petrographischen Teil der "geognostischen Staatssammlung" übernommen, wobei er auch über deren Zustand wenig gutes sagen konnte; sie habe sich sogar "in einem noch schlimmeren Zustand" befunden, als "Kobell's min.[eralogische] Sammlung!" Groth an Brögger, 4.3.1890 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Die Neuordnung der Münchner Sammlungen ist es auch vor allem, welche Groth für die Münchner Mineralogen lebendig bleiben ließ: Er hat die Sammlung zu einer der besten Sammlungen in Europa ausgebaut, insbesondere natürlich hinsichtlich der alpinen Mineralien. Neben einem systematischen Teil (geordnet nach der chemischen Zusammensetzung), einem genetischen und einem technologischen Teil, gliederte er ihr eine vierte Abteilung an, die sogenannte Terminologische (oder Kennzeichen-)Sammlung, die als "Grothsche Sammlung" bekannt geworden ist. Diese war gewissermaßen als Lehrsammlung konzipiert, mittels welcher den Studenten und den Mineraliensammlern Anleitungen zum Bestimmen der Mineralien nach äußeren Kennzeichen gegeben werden konnten: sie zeigte anschaulich, wie sich Mineralien in Spaltbarkeit, Farbe und Kristallsymmetrie, in Wachstumsformen und Farben unterschieden, und sie enthielt Holz- und Pappmodelle, die das Studium der Kristallformen ermöglichten. Zur Geschichte der Sammlung vgl. auch Groth (1891), hier S. 7f.; Steinmetz/Weber (1939), S. 10f. & 21-7; Schwarzmann (1988). Es sollte auch nicht unerwähnt bleiben, daß Groth bei der Neuordnung der Sammlung zum Teil zu recht 'rüden Methoden' gegriffen hat. So dürfte etwa die zum Teil gewaltsame Entfernung der von seinen Vorgängern angebrachten Etiketten einzelner Sammlungsstücke im wesentlichen das 'Werk' Groths sein. (Mündliche Information durch den derzeitigen Konservator der Sammlung, Dr. R. Hochleitner).

47. Die "Einrichtung eines neuen Hörsaals mit elektrischem Licht zur Projection der optischen Erscheinungen" hat Groth schon 1884 geplant. Groth an Brögger, 25.11.1884 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Rat hierzu hatte er sich u. a. bei Tschermak geholt, der ja 1884 ebenfalls ein neues Institut bezogen hatte, und der ihm daraufhin ausführlich über die technische Ausstattung (insbesondere die Projektionsmöglichkeiten) seines Hörsaales berichtete. Allerdings waren dessen Einrichtungen zunächst noch eher provisorische, und vor allem war zunächst auch noch keine elektrische Beleuchtung vorhanden. Tschermak an Groth, 20.10.1884 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 19). Seinen Projektionsapparat hat Groth sich von R. Fuess in Berlin konstruieren lassen. 1887 erkundigte sich Brögger nach Groths "Projectionsapparat mit elektrischer Beleuchtung", da er sich selbst ein solches Gerät für die Vorlesungen einrichten wollte. Brögger an Groth, 2.11.1887 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 38). Groth gab ihm daraufhin eine kurze Beschreibung: Sein Projectionsapparat habe eine "electriche Beleuchtung durch Edisonlampen", und er "enthält alle Theile um sämtliche optische Erscheinungen in Krystallen in parallelem und convergentem Lichte zu zeigen, auch Pleochroismus, Doppelbrechung durch Druck, Biegung u.s.w., ferner Axenwinkelmessung in gewöhnlicher und in höherer Temperatur". Daß er von dem Apparat

ohne Stolz berichtete **Groth** wieder **Brögger**:

"Jetzt ist unser Akademiegebäude im Umbau fast fertig, ich habe alle meine definitiven Räume bezogen und bin mit der inneren Einrichtung beschäftigt. Bis zum nächsten Sommer wird auch diese vollendet sein und dann ein Institut hier bestehen, wie wohl noch kein anderes für die Mineralogie existiert, wenigstens nicht in Deutschland"⁴⁸.

Groths eigene Einschätzung war nicht falsch. Zumindest haben sich seine auswärtigen Kollegen sehr anerkennend über das neue Institut geäußert. **F. Becke** (1855-1931) etwa, der Wiener Petrograph und spätere Herausgeber der *Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen*, der auf einer Reise zu verschiedenen deutschen mineralogischen Instituten (u. a. nach Straßburg, Heidelberg, Bonn, Giessen, Marburg, Leipzig und Berlin) im Juni 1889 auch in München war, gestand "ehrlich und offen", daß er auf seiner ganzen Reise

"kein mineralogisches Institut gesehen habe, das sowol[!] für den Unterricht als für die wissenschaftliche Arbeit so zweckmäßig und trefflich eingerichtet gewesen wäre als das Münchener; manches was ich bei Ihnen gesehen habe, werde ich hier soweit eben meine kleinen Hülfsmittel reichen nachzuahmen versuchen"⁴⁹.

noch keine Beschreibung in der ZfK publiziert habe, liege vor allem daran, daß **Fuess** "noch immer neue Verbesserungen und Completirungen probirte und damit niemals fertig wird". **Groth** an **Brögger**, 18.11.1887 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

48. **Groth** an **Brögger**, 8.9.1887 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Und dann fügte er auch hinzu, daß er jetzt "endlich energisch an die Ausarbeitung" seiner chemischen Krystallographie gehen wolle (der Plan dazu war ja inzwischen über zehn Jahre alt). Ähnlich hatte er auch schon 1885 **L. Sohncke** über den geplanten Umbau berichtet, und er hoffte, dadurch "in einigen Jahren" hier "ein Musterinstitut zu haben". **Groth** an **Sohncke**, 29.3.1885 (BSB-Hs: Grothiana IX/Sohncke 3).

49. **Becke** an **Groth**, 10.10.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 4). **Becke** war zu dieser Zeit noch an der Universität in Czernowitz (heute: Cernivcy, Ukraine) tätig. Ähnlich hatte **G. Tschermak** schon 1887 **Groth** seine Anerkennung für das neue Münchner "Musterinstitut" (welches er damals allerdings nur erst aus **Groths** Beschreibungen, d. h. nicht aus eigener Anschauung kannte) ausgesprochen. **Tschermak** an **Groth**, 18.3.1887 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 20). Und **Groth** selbst berichtete schließlich noch einmal über die Reaktionen seiner auswärtigen Besucher an **Brögger**: "Selbst die Herren aus Wien und Berlin, welche hier waren, haben mit Neid anerkannt, dass ich jetzt das beste und am praktischsten eingerichtete Institut habe, und bis zum nächsten Sommer wird[!] auch noch die neue Aufstellung der Sammlung und die Einrichtungen für Petrographie vollendet sein. Namentlich werden Sie für den Unterricht in Krystallographie und Mineralogie viele Verbesserungen der Methoden, der Modelle u.[nd] anderer Lehrmittel bei mir vorfinden und es wird mir ein Vergnügen sein, Ihnen darüber Auskunft zu geben und Ihnen bei der Beschaffung für Ihr Institut zu helfen". **Groth** an **Brögger**, 29.12.1890 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

In München wirkte **Groth** ziemlich genau 40 Jahre: 1923 wurde er von der Vorlesungspflicht entbunden.

In München hat **Groth** jetzt allerdings auch den Niedergang des Deutschen Kaiserreichs und die Ausrufung einer Deutschen Republik erleben müssen. Auch die ersten Vorzeichen eines neuen '1000-jährigen Reiches' sollte er noch zu spüren bekommen. **Groth** wünschte sich bekanntlich immer **V. M. Goldschmidt** als seinen Nachfolger. Dessen Berufung scheiterte allerdings, so hat es zumindest später der Chemiker **Richard Willstätter** (1872-1942) vermutet, an **Goldschmidts** jüdischer Abstammung⁵⁰. Und in München mußte **Groth** auch gewissermaßen den 'Niedergang des alten Reiches der Chemischen Kristallographie' und die 'Ausrufung einer neuen Republik der Kristallographie' erleben. Drei Bände der CK waren erschienen, als die Experimente **M. von Laues** sein Programm in Frage zu stellen begannen, oder besser gesagt: der Lösung seiner Hauptfrage nach dem Zusammenhang zwischen stofflicher Zusammensetzung und Kristallform der Mineralien eine Richtung zu geben begannen, welche in seinem Programm letztlich nicht vorgesehen war. 9.

Es darf also durchaus in einem doppeltem Sinn verstanden werden, wenn **W. C. Brögger** im Januar 1920, mit Bezug auf den gerade überstandenen Krieg und die zukünftige Entwicklung der 'modernen Welt', an **Groth** schrieb:

"Welche entsetzliche Zeit hat die Menschheit doch durchleben müssen, seitdem ich in ihrer Heimath in 1912 den schönen, friedlichen Abend bei Ihnen zubrachte, als Sie das köstliche Bockbier von Hofbräuhaus in unseren Seideln schenkten, im friedlichen und freundlichen Kreise ihrer Collegen! Und vielleicht sind wir doch auch jetzt nur am Anfang der Umformung der Welt? Wie weit der Schneeball rollen soll, wie gross die Lawine anwachsen wird, ist unseren Augen verborgen, wir sind beide zu alt um das Ende der Bewegung zu erleben. Hoffen wir, dass die Tage, die uns noch erspart sind, nicht allzu hart zu durchleben werden!"⁵¹

Bröggers Befürchtungen erwiesen sich allerdings doch, zumindest vorläufig, noch einmal als unbegründet. Zunächst schien - wiederum im doppelten Sinne - die 'Normalität' zu siegen. Die Weimarer Republik hatte die ersten Angriffe erfolgreich

50. Vgl. Willstätter (1949), S. 342. Aus den Berufsakten zur Nachfolge Groths (UA: Akte Nachfolge P. v. Groth, Mineralogie OC-N 10a) läßt sich Willstätters Vermutung nicht direkt bestätigen (s. hierzu vor allem Kap. B. 1. 3. 2.).

51. Brögger an Groth, 10.1.1920 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 74).

abgewehrt, Deutschland war 1926 dem Völkerbund beigetreten und damit wieder ein anerkanntes Mitglied der Völkerfamilie geworden. Und im gleichen Jahr formulierte **V. M. Goldschmidt** in Oslo die Grundlagen eine neue *Krystallochemie*, die sich durchaus noch als Fortsetzung des **Groths**chen Programms verstand. Und vor allem hatte **A. E. H. Tutton** in England deutlich gemacht, daß auch im 'neuen Reich der Kristallographie' - zumindest vorläufig - noch ein Platz für die Chemische Kristallographie sein würde (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.). Am 2. 12. 1927 starb **Paul von Groth** in München.

Bis hierher war nun die Frage nach den sozialgeschichtlichen Aspekten der **Groths**chen Chemischen Kristallographie im wesentlichen als die nach den konkreten politischen Bedingungen ihrer Entwicklung gefaßt worden. Es sollte hierbei vor allem deutlich werden, daß **Groths** Leben und seine wissenschaftliche Laufbahn immer in enger Beziehung zur politischen Geschichte des Zweiten Deutschen Kaiserreichs standen. Einschneidende politische Veränderungen haben sich immer auch in **Groths** wissenschaftlichem Werdegang - und damit in der Entwicklung seiner Chemischen Kristallographie - geltend gemacht. Allerdings kann nun, wie zu Beginn gesagt, die Frage nach dem politisch-sozialen Kontext wissenschaftlicher Entwicklungen auch in einem weiteren Sinn verstanden werden, d. h. es kann eben auch nach möglichen inneren Zusammenhängen zwischen den eigentlichen Inhalten des wissenschaftlichen Programms selbst und diesem Kontext gefragt werden⁵². Mit Bezug auf **Groths** Forschungsprogramm wäre jene Frage in etwa dahingehend zu fassen, ob nicht - über die konkreten 'äußeren Rahmenbedingungen' hinaus - auch ein innerer Zusammenhang besteht zwischen der Gestalt des preußischen Staates

52. Dabei geht es wohlgerne nicht darum, die politisch-sozialen Bedingungen als die eigentlich konstitutiven Elemente des Programms nachzuweisen. Das Ziel ist vielmehr, das Programm selbst auch als Produkt - oder zumindest als 'Spiegelbild' - dieses Kontextes bzw. als von diesem letztlich nicht trennbar zu begreifen. M. Ash etwa bestimmt eine entsprechende Zielsetzung, wenn er die Frage nach dem Zusammenhang von neuzeitlicher Wissenschaft und Militär nicht nur als die nach den neuen technisch-instrumentellen Voraussetzungen verstanden wissen will, sondern zugleich als die Frage nach einem "inneren Zusammenhang" zwischen den geistigen Grundlagen der neuzeitlichen Wissenschaft und der modernen Kriegführung. Vgl. Ash (1996), S. 71. Einige Überlegungen zu einer 'Kontextualisierung von Wissenschaft' in diesem Sinne sind auch entwickelt in B. Fritscher (1991b).

und der Gestalt der Chemischen Kristallographie. Thesenartig formuliert könnte eine mögliche Antwort lauten: Das Gesicht der chemischen Kristallographie, ihre eigenartige Doppelgestaltigkeit - auf der einen Seite die Betonung der chemischen Substanz bzw. der 'Natur' der Körper, auf der anderen Seite die explizite Forderung nach einer 'modernen Mineralogie', in welcher die natürlichen Mineralien nur mehr eine untergeordnete Rolle spielten - ist das Gesicht des preußischen Staates in dieser Zeit: ein eigenartiges Nebeneinander von Restauration und Revolution, von Tradition und Fortschritt, von Konservativismus und Liberalität.

Von wissenschaftssoziologischer Seite wurde, mit Blick auf diese spezifische Eigenart des preußischen Staates, ja auch schon die Art und Weise des Auf- und Ausbaus seiner wissenschaftlichen Institutionen geradezu zum Modell eines bestimmten Typs von institutioneller Modernisierung erklärt: der 'konservativen' bzw. 'deutschen Modernisierung'⁵³. Es war schon gesagt worden, daß der Auf- und Ausbau der mineralogischen Institute in Straßburg und München durch **Groth** durchaus im Sinne einer solchen konservativen Modernisierung verstanden werden kann (s. o.). Dieses Modell läßt sich aber zugleich überhaupt auf **Groths** Forschungsprogramm übertragen. Das erklärte Ziel seiner Chemischen Kristallographie war es, die Mineralogie der Moderne anzupassen, um ihr so einen Platz unter den modernen Naturwissenschaften zu sichern. Auf der anderen Seite erfolgte diese Modernisierung bei **Groth** in einem durchaus 'konservativen Rahmen': Grundlage seiner Chemischen Kristallographie war immer - im Anschluß an **Mitscherlich, G. Rose, C. Rammelsberg** usw. - die äußere Kristallform bzw. die kristallographische Messung geblieben. Den Weg der eigentlichen Moderne, den Zusammenhang von physikalischen und chemischen Eigenschaften aus dem (inneren) molekularen bzw. atomaren Aufbau

53. Analog der sozialen Struktur des kaiserlichen Deutschlands, welche auf die Erfordernisse der Moderne hin modifiziert und ausgebaut wurde, dabei aber grundlegende Züge des konservativen Musters der Gesellschaft beibehielt, ist die deutsche Modernisierung dadurch charakterisiert, daß versucht wird, bestehende Einrichtungen mit Blick auf die Moderne zu reformieren. Vgl. Johnson (1990), S. 1-21, hier S. 11; vgl. auch Harwood (1994), S. 208. Hierher gehört auch, wenn etwa die Industrialisierung in Deutschland im 19. Jahrhundert dahingehend beschrieben wird, daß diese durch den Staat in einer Art und Weise erfolgt sei, daß dadurch die politische Macht der traditionellen landbesitzenden und militärischen Eliten nicht bedroht wurde. Vgl. etwa Rovan (1995), S. 491f.

der Verbindungen zu erklären, wie er vor allem vom **L. Pasteur** und in seiner Nachfolge von **J. H. van't Hoff** beschritten worden war, ist **Groth** nie wirklich mitgegangen. Und auch die neuen Ansätze von Seiten der physikalischen Chemie - von **van't Hoff, H. W. Bakhuis-Roozeboom** (1854-1907) u. a. - hat er nie wirklich rezipiert⁵⁴. 129

Im Hinblick auch auf die noch zu behandelnden 'alternativen Kulturen der Mineralogie' ist es nun aber vor allem ein Aspekt, der **Groths** Chemische Kristallographie an seine Zeit bindet, und dies ist der, wie er hier genannt sei, 'neue Realismus' des Zweiten Deutschen Kaiserreichs bzw. speziell der **Bismarck-Ära**⁵⁵. Dieser 'neue Realismus' machte sich auch an den Hochschulen geltend⁵⁶. Gewissermaßen exemplarisch hierfür steht die Gründung der Straßburger Universität. In der Einführung zu einer Sammlung alter Straßburger Universitätsreden, welche 1932 zur Erinnerung an deren am 1. Mai 1872 erfolgte Gründung vom Vorstand einer "losen Vereinigung ehemaliger Strassburger Dozenten und Studenten" herausgegeben wurde. Über den 'Geist', aus dem die neue Universität gegründet wurde, heißt es: g.



"Der Fortschritt .. - er führte damals hinweg von den großen überschaubaren Systemen zum Realismus, wie in der Politik auch in der Wissenschaft, zu den Tatsachen, auf deren festem Boden man Schritt vor Schritt sicher voranzuschreiten hoffte; und es

54. Vgl. noch einmal das Vorwort zu Groth (1904), S. iiif.; vgl. Kap. B. 1. 1. 2.

55. Der Begriff 'neuer Realismus' steht hier in pragmatischer Bedeutung, d. h. als Bezeichnung für eine 'realistische', an den Tatsachen und den praktischen Erfordernissen orientierte nüchterne Wissenschafts- und Lebensauffassung. In dieser Bedeutung ist er dann auch auf die neue Politik der Bismarck-Zeit bzw. deren Entgegensetzung zum idealistisch geprägten Deutschland von vor 1848 übertragbar. Es ist hier also nicht von einem philosophischen Realismus die Rede (wenngleich hierzu durchaus Bezüge herstellbar wären). Mit Einschränkungen darf der Begriff aber zumindest auch in seiner literaturwissenschaftlichen Bedeutung verstanden werden, d. h. als Bezeichnung für jene literarische Epoche, welche in der Regel mit den Jahren 1832 (Goethes Tod) und 1885 (Beginn des Naturalismus) umgrenzt wird.

56. So sei etwa in Berlin, so stellte Groth später in seinen Lebenserinnerungen fest, mit dem Jahr 1870 eine deutliche Veränderung des gesellschaftlichen und wissenschaftlichen 'Klimas' zu bemerken gewesen. Er erinnerte sich an das Fest zum 25-jährigen Bestehen der Physikalischen Gesellschaft im Jahr 1870, das wie eine Art "Jahrmarkt" gestaltet war, wobei verschiedene Mitglieder der Gesellschaft an verschiedenen Tischen Experimente vorführten (er selbst hatte Spektralerscheinungen vorgeführt): "Es war ein Familienfest, wie es nur in dem alten Berlin möglich war, erfüllt von dem Tone harmloser und herzlicher Gemütlichkeit, welcher von jenem Jahre ab immer mehr aus dem Berliner Leben geschwunden ist". Groth (GLE), S. 57.

war dieser Zug zum Positivismus, der die neue Universität in ihrer stolz-zurückhaltenden Sicherheit bestärkte. Sie rechnete sich den mürrischen Beinamen einer "Arbeitsuniversität" zur Ehre an"⁵⁷.

Noch deutlicher hat diesen 'alten Straßburger Geist' rückschauend **Gustav Schmoller** in seiner Rede zum 25-jährigen Jubiläum der Universität am 1. Mai 1897 beschrieben. **Schmoller** hatte selbst zehn Jahre in Straßburg gewirkt und war dann nach Berlin gegangen, "wo er für die Sinndeutung des preußischen Staates eine ähnliche Leistung vollbrachte, wie ehemals sein Landsmann Hegel, nur nicht mehr mit den Mitteln der Spekulation, sondern denen des Realismus"⁵⁸. Zu Beginn des Jahrhunderts, als die Universitäten in Berlin und Bonn gegründet wurden, habe sich an ihnen  und zwar gleichermaßen in den Geistes- und  Naturwissenschaften - der "eigentümliche Geist jener tiefbewegten, auf hochgespannte Ideale gerichteten Zeit" manifestiert. Aber dieser romantische Idealismus habe zuviel gewollt und sei deshalb der Forschung hinderlich geworden:

"Es mußte eine andere geistige und wissenschaftliche Strömung kommen: mühsamer, kritischer, vielleicht weniger liebenswürdig, aber tiefer bohrend, weniger ästhetisch empfindend, weniger literarisch geschult - aber mit mehr Energie der Wahrheit ins Auge schauend, so trat eine jüngere Gelehrten generation auf. Ein Hunger nach Tatsachen, nach Wirklichkeit war entstanden; die empirische Beobachtung und Forschung wurde überall nötig. Der Realismus verlangte sein Recht gegenüber den Uebeln eines absterbenden Idealismus. ... Wir Deutsche mußten auf allen Gebieten aus den Nebeln heraus auf den festen, realen Boden der Wirklichkeit treten. Auch der große Gründer des deutschen Reiches [Bismarck; B. F.] und sein edler Herr und Kaiser konnten nur als entschlossene Realisten uns wieder ein einiges Vaterland geben"⁵⁹.

Diesem neuen Realismus wurde etwa dadurch Rechnung zu tragen versucht, daß kaum ältere Gelehrte berufen wurden. Die wenigsten der neuen Professoren waren älter als dreißig Jahre, so daß es wohl manchem, der damals Straßburg besucht hat, verglichen mit dem Bild anderer deutscher Universitäten, vorgekommen sei, "wie wenn man lauter Assistenten zu ordentlichen Professoren gemacht hätte"⁶⁰. Es war also kaum einer unter ihnen, der das Deutschland

57. Straßburger Universitätsreden (Einführung), S. 8.

58. Vgl. Straßburger Universitätsreden (Einführung), S. 9. Der Volkswirtschaftler Schmoller, Professor in Halle (ab 1864), in Straßburg (1872) und in Berlin (1882), war ab 1884 auch Mitglied des preußischen Staatsrates. Zu Schmoller vgl. etwa den Artikel "G. Schmoller" in vom Bruch/Müller (Hrsg.) (1991), S. 279f.

59. Schmoller (1897), in: Straßburger Universitätsreden, S. 39.

60. Vgl. Schmoller (1897), in: Straßburger Universitätsreden, S. 39f.

von vor 1848 noch bewußt erlebt hatte, d. h. für die meisten von ihnen war Deutschland das Preußen **Bismarcks**.

Ein Beispiel dafür, wie sich dieser 'neue Realismus' aus der Sicht jener älteren, noch dem bürgerlichen Liberalismus von vor 1848 verhafteten Gelehrten darstellte, gab etwa der Koblenzer Pharmazeut und spätere (ab 1867) Professor der Pharmazie in Bonn, **Friedrich Mohr** (1806-1879). Er konnte in der Chemie seiner Zeit nur eine zusammenhanglose und kritiklose Sammlung von Einzeltatsachen unter Verzicht auf die Frage nach deren Ursachen sehen, wobei er dann auffälligerweise gerade auf die - für **Groth** und die Mehrheit seiner zeitgenössischen Kollegen die eigentliche Grundlage einer 'modernen Chemie' bildenden - zahllosen Versuche der organischen Chemie seiner Zeit zur Herstellung von Substitutionsprodukten bzw. Derivaten verwies. Für **Mohr** blieb es "eine ganz gleichgültige Sache, ob dieser oder jener Körper 1 oder 2 At.[ome] Chlor aufnimmt"; aber dies werde eben gegenwärtig für "wichtig und gross" gehalten⁶¹.

Eine der Ursachen für den betont 'realistisch-pragmatischen' Charakter der Reichsuniversität lag weiter in ihrer besonderen politischen Situation im neuen - aus Sicht der einheimischen Bevölkerung eben 'besetzten' Reichsland Elsaß-Lothringen. "Germanisierungsbestrebungen" oder "nationale Propaganda" schienen am wenigsten geeignet, die neue Universität im (französischen) Straßburg heimisch werden zu lassen. Vielmehr gedachten die neuen Dozenten und Professoren "durch die überlegene Sachlichkeit ihrer Arbeitsmethoden auf den nüchtern-skeptischen Sinn des neuerworbenen Landes nachhaltiger zu wirken als durch eifervolles Hervortreten auf dem Markte"⁶².

Diese 'positivistische Grundstimmung' der frühen Jahre, dies muß der Vollständigkeit halber angemerkt werden, war nicht von Dauer, ebensowenig wie die Vorrangstellung der Straßburger Universität⁶³ (und auch dies mag schließlich **Groths** Entschluß

61. Vgl. Mohr (1868), S. viif.; vgl. hierzu dann auch Kap. 3. 2.

62. Vgl. Straßburger Universitätsreden (Einführung), S. 8. Und dieser Wirkung hätten sie sich auch insofern um so sicherer sein können, als die neue Universität, wie im Zusammenhang mit Groth schon gesagt, "von vorne herein zur reichdotierten Versuchsstätte der fortgeschrittensten Bestrebungen ihrer älteren Schwestern ausersehen worden war". Ebd.

63. Die Universitäten Altdeutschlands, vor allem die in Berlin, Leipzig und München, hatten sich die "Straßburger Errungenschaften (und manchen derer, die sie errungen!)" angeeignet. Und die Abschwächung des ursprünglich dominierenden Positivismus hatte sich schon etwa in der Berufung Wilhelm Windelbands (1882) angekündigt. Das Ende der ursprünglichen Konzeption kam letztlich, als die ehemalige "nationalliberale

bekräftigt haben, nach München zu gehen). Zunächst allerdings war sie für die neue Universität bestimmend, und **Groth** entsprach zweifellos diesem 'Straßburger Geist'.

Groth war Realist in dem hier skizzierten Sinn. Ihm war durchaus die Bedeutung bekannt, welche die Kristallographen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts der Naturphilosophie gaben, so etwa **Christian Samuel Weiß** (1780-1856), der seine Theorie der Kristallisation bzw. seine Lehre von den (als Wachstumsrichtungen konzipierten) kristallographischen Achsen explizit im Zusammenhang mit der Naturphilosophie **Kants** entwickelt hatte⁶⁴. Allerdings hat **Groth** dann mehrfach deutlich gemacht, daß ihm naturphilosophische Betrachtungen für die Mineralogie und Kristallographie wenig hilfreich erschienen. Mit Bezug auf einen Vortrag über *Vorbegriffe zu einer Cohäsionslehre*, den **Weiß** am 28.6.1832 vor der Akademie der Wissenschaften in Berlin hielt und indem er seine dynamische Ansicht der Kristallisation verteidigte⁶⁵, bemerkte **Groth** 1926 in seiner Geschichte der Mineralogie, daß die "Auseinandersetzungen dieses Aufsatzes" doch ein "lehrreiches Beispiel dafür" böten, "daß Probleme, wie die Bildung und das Wachstum der Krystalle, nicht durch philosophische Betrachtungen gelöst werden können"⁶⁶. Wenn etwas auf eine "baldige Lösung" dieser "für den krystallisierten Zustand der Materie grundlegenden Probleme hoffen" lasse, dann seien dies "die märchenhaften Fortschritte der Atomtheorie in den letzten Jahren"⁶⁷ - nicht aber eben die Naturphilosophie.

Und diese Meinung hatte **Groth** schon mehr oder weniger in seiner Studienzeit gefaßt. Er hatte, so berichtete er in seinen *Lebenserinnerungen*, im Rahmen seiner Promotion auch eine Prüfung in Philosophie zu absolvieren. Zwar seien ihm seit seiner Gymnasialzeit "die Ansichten der antiken Philosophen, die ja

Reichsuniversität" sich zur "Landesuniversität" umzustellen bzw. "dem Bedürfnisse der katholischen Mehrheit der Landeskinder .. enger anzupassen" begann. Vgl. Straßburger Universitätsreden (Einführung), S. 8 & 10.

64. Insbesondere mit **Weiß** hat **Groth** sich im Zuge der Recherchen für seine "Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften" ausführlich beschäftigt; so hat er u. a. den handschriftlichen Nachlaß von **Weiß** in der Sammlung Darmstädter in der Staatsbibliothek in Berlin ausgewertet. Vgl. Groth (1926), S. 59 Anm. 1.

65. Vgl. Weiß (1834).

66. Vgl. Groth (1926), S. 60.

67. Vgl. ebd.

zugleich Naturforscher waren, nicht fremd" gewesen, und er habe auch einige Werke von **Kant** und **Fichte** gekannt. Auf den Rat von ehemaligen Berliner Doktoranden habe er sich dann allerdings doch entschlossen, im Herbst 1866 noch eine ausführliche Vorlesung über Geschichte der Philosophie zu belegen. Als jedoch bereits in einer der ersten Stunden die Ansichten eines griechischen Philosophen vorgetragen "und in langsamer Rede, damit die zahlreiche Zuhörerschaft jedes Wort nachschreiben konnte, solche Sätze ertönten, wie: 'Der Schnee ist schwarz, weil das Wasser, aus welchem der Schnee entsteht, schwarz ist'", da wollte er seinem "Hauptzwecke, der Bearbeitung einer guten Dissertation", doch keine weitere Zeit durch Anhören dieser Vorlesung mehr entziehen⁶⁸.

Zumindest am Rande erwähnt sei hier auch, daß **Groth** nicht nur durch seinen 'Realismus' an die neue preußische Universität 'paßte'. Er entsprach dem Typ des preußischen Hochschulgelehrten, der seine wissenschaftliche Tätigkeit zugleich als Staatsdienst verstand⁶⁹. **Groths** Studienbeginn in Freiberg fiel, wie oben gesagt, in das Jahr des Amtsantritts von **Bismarck** als preußischer Ministerpräsident (1862). Und **Groth** stand von Beginn an loyal zu diesem neuen preußischen Staat bzw. dann zum Zweiten Deutschen Kaiserreich - zumindest sind keine gegenteiligen Äußerungen nachweisbar. Ein konkretes Beispiel hierfür bieten vor allem einzelne seiner Äußerungen zum ersten Weltkrieg. **Groth** hat - jedenfalls in der ersten Zeit - die Kriegsbegeisterung seiner Landsleute eindeutig geteilt, und auch er war (wie schon im

68. Vgl. Groth (GLE), S. 41. Dies sollte allerdings nicht als eine prinzipielle Abneigung Groths gegen die Geisteswissenschaften verstanden werden. So berichtete er auf der anderen Seite auch, daß er in den Wintersemestern in Berlin häufig die regelmäßigen öffentlichen Vorlesungen besucht habe, wobei ihn - neben z. B. den Vorlesungen von E. Dubois-Reymond über neuere Fortschritte der Naturwissenschaften - besonders die des Philosophen K. F. Werder (1806-1893), eines Hegelianers, über dramatische Kunst interessiert hätten (so etwa die Vorlesungen über "Hamlet" und, in einem späteren Semester, über die "Wallensteintrilogie", welche ihm die Bedeutung dieser Dramen allererst hätten klar werden lassen). Vgl. Groth (GLE), S. 35f.

69. Dem entsprach die 'Würde', mit der er seine Ämter versah. Eine Wiener Studentin namens Bergmann, die ihn in Berlin aufgesucht hatte, wußte ihrem Wiener Lehrer A. Brezina "viel von der ernsten Amtsmiene" zu berichten, mit der Groth in seiner neuen Stellung (als Dozent der Bergakademie bzw. als Universitäts-Dozent) amtiert habe; Brezina habe sie aber "sofort beruhigt", daß "es damit nicht so schlimm steht". Brezina an Groth, 13.12.1871 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 4).

Deutsch-Französischen Krieg) vom Sieg Deutschlands überzeugt⁷⁰. Dies entsprach, wie gesagt, der allgemeinen Überzeugung, und ist deshalb nicht unbedingt überraschend⁷¹. Vor allem sollte hierbei dann auch gesehen werden, daß die Überzeugung von der Überlegenheit Deutschlands von einer großen Zahl seiner ausländischen Kollegen geteilt wurde; insbesondere die Norweger haben sich - zumindest gegenüber **Groth** - immer mit Deutschland solidarisch erklärt⁷².

70. So schrieb Groth im September 1914 an V. M. Goldschmidt: "Nach der ersten Aufregung durch den Beginn des Krieges habe ich mich, wie es hier bei Allen der Fall ist vollkommen vertrauend auf den endgültigen Sieg unserer Sache, wieder meiner chemisch.[ischen] Kryst.[allographie] zugewandt und die letzte Revision der Benzolderivate begonnen". Groth an V. M. Goldschmidt, 23.9.1914 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Und im Sommer 1915 schreibt er über den Fortgang seiner CK: "diese schreitet so schnell vor, wie unsere Armee hinter den Russen". Groth an V. M. Goldschmidt, 26.6.1915 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Aber spätestens im Sommer 1916 hatt sich Groths Begeisterung gelegt: Gerne würde er wieder einmal mit Goldschmidt oder Brögger verschiedene fachliche Fragen diskutieren "und Ihre Meinung über verschiedene neue Publicationen, namentlich von Niggli und Becke erfahren, aber dies ist jetzt ja nicht möglich. Doch hoffe ich für die Zeit nach dem schrecklichen Kriege einmal auf Ihren Besuch!" Groth an V. M. Goldschmidt, 26.7.1916 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30).

71. Es galt eben auch für Groth, was 1926 der deutsche Jurist und Politiker G. Radbruch (1878-1949) anläßlich einer Tagung deutscher Hochschullehrer zum Thema "Die Deutschen Universitäten und der heutige Staat" in Weimar gesagt hat: "Mit den Gesten der Führerschaft waren die Universitäten vielfach Geführte, wo nicht Angeführte des Zeitgeistes". Vgl. Radbruch (1926), hier zit. nach vom Brocke (1985), S. 716. In diesem Zusammenhang wäre noch zu prüfen, ob auch Groth zu den Unterzeichnern der berühmten "Erklärung der Hochschullehrer des Deutschen Reiches" vom 16. 10. 1914 gehörte, in der diese sich hinter den 'preußischen Militarismus' stellten (dies ist anzunehmen, da sie von fast allen deutschen Hochschullehrern unterzeichnet wurde). Im Aufruf "An die Kulturwelt", einer damit inhaltlich weitgehend identischen Erklärung von 93 Professoren, Künstlern und Schriftstellern vom 23. 10. 1914 ist er - im Gegensatz etwa zu seinem Straßburger bzw. Münchner Kollegen A. von Baeyer - nicht zu finden ist. Vgl. vom Brocke (1985), hier S. 650-2, 656f. & 716-8.

72. Insbesondere V. M. Goldschmidt hat dabei verschiedentlich seine Sympathie für Deutschland zum Ausdruck gebracht, und auch er war zunächst der Ansicht, daß der Krieg wohl in Kürze positiv für Deutschland entschieden sein werde. So schrieb er Ende 1914 an Groth: "Möge das Jahr 1915 Deutschland einen ehrenvollen und dauernden Frieden bringen. Wir folgen den Ereignissen mit der grössten Anteilnahme". V. M. Goldschmidt an Groth, 29.12.1914 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 37). Ein ähnliche Hoffnung äußerte er im Juli 1915. V. M. Goldschmidt an Groth, 5.7.1915 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 42). Und auch, als dann noch ein "dritter Kriegswinter" bevorzustehen schien, war Goldschmidt der Ansicht, daß wohl "kein vernünftiger Mensch .. an Deutschlands Sieg zweifeln" könne. V. M. Goldschmidt an Groth,

Der hier kurz skizzierte 'neue Realismus' der **Bismarck**-Ära, dies sei noch einmal betont, sollte nun ebensowenig als unmittelbar konstitutiv für **Groths** Konzept der Chemischen Kristallographie verstanden werden, wie seine loyale Stellung zum Preußischen Staat oder die im Vorhergehenden beschriebenen institutionellen Voraussetzungen. Konstitutiv für dieses Konzept waren in erster Linie 'wissenschaftsinterne' Faktoren (vgl. Kap. B. 1. 1. 1.). Es bleibt aber doch festzuhalten, daß das soziale und politische Umfeld der weiteren Entwicklung der Chemischen Kristallographie **Groths** eindeutig günstiger war, als etwa den noch zu behandelnden 'alternativen Kulturen' der Mineralogie. Und in diesem Sinne seien hier noch zumindest zwei Gedanken hinsichtlich möglicher sozialgeschichtlicher Bezüge des Konzeptes selbst angeschlossen.

Groth hatte die Grundsätze seiner Chemischen Kristallographie im November 1870 in seine Habilitationsrede formuliert, also wenige Monate nach dem Beginn des Deutsch-Französischen Krieges bzw. auch schon nach der Kapitulation bei Sedan und der Gefangennahme **Napoleons III.** am 2. 9. 1870. Im Hinblick darauf fällt auf, daß er sein Konzept vor allem auch gegen die eher spekulativen Ansätze von Seiten französischer Mineralogen abgrenzte bzw. diesen einen empirischen ('deutschen') Weg entgegenstellte. Während sich die Anhänger jener ersten Richtung (**A. Laurent, M. A. Gaudin, J. Nicklès**) in "unfruchtbaren Speculationen" verloren hätten, sei von anderen Kristallographen, "namentlich in Deutschland", der einzig richtige ('empirische') Ler

2.8.1916 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 46). Nach dem Ende des Krieges stand Goldschmidt weiter auf der Seite Deutschlands: "In diesen für Deutschland so schweren Zeiten möchte ich Ihnen gern einen Gruss schicken, in dankbarer Erinnerung an all Ihre Liebenswürdigkeit während meines Aufenthalts in München. Allen Ihren Freunden hier ist es ein grosser Schmerz, dass Sie so traurige Zeiten erleben müssen. Mein einziger Trost ist, dass die Nemesis wohl auch den Uebermut der Franzosen zu bändigen weiss. ... Wenn nur bald schönere Zeiten kämen. So wie es jetzt aussieht, ist der Frieden beinahe noch schlimmer als der Krieg. Aber endlich einmal wird doch der Verstand über den Vernichtungswillen siegen". V. M. Goldschmidt an Groth, 5.12.1918 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 50). Ähnlich äußerte sich dessen ehemaliger Lehrer Th. Hiortdahl: "Wir sind alle hier zufrieden dass der Krieg schliesst, und wir hoffen alle dass Deutschland sich bald erholen möge. In den vielen guten Eigenschaften des deutschen Volkes sehen wir guten Grund zu solcher Hoffnung". Hiortdahl an Groth, 25.6.1919 (BSB-Hs: Grothiana X/Hiortdahl 40).

Weg zur Lösung des Problems des Zusammenhangs von Kristallform und chemischer Konstitution eingeschlagen worden; es seien nämlich "zahlreiche Detailbestimmungen an Körpern, deren chemische Natur bekannt war, angestellt, und so die Zahl der Thatsachen vermehrt" worden, welche "allein zur Grundlage der theoretischen Forschung dienen können"⁷³.

Dies sollte nicht mißverstanden werden: **Groths** Absicht war es in keinsten Weise, gewissermaßen eine 'deutsche Mineralogie' zu schaffen. Seine Chemische Kristallographie sollte vielmehr das Bindeglied einer internationalen Gemeinschaft 'moderner Mineralogen' sein, wie es dann seine ZfK auch wurde. Wenn hier von **Groth** indirekt ein Gegensatz von 'französischer Spekulation' und 'deutscher Gründlichkeit' suggeriert wurde, so ist dies allenfalls als Konzession an den 'Zeitgeist' zu werten⁷⁴. Die von **Groth** angesprochenen Ansätze der französischen Mineralogen wurden nicht nur von deutscher Seite kritisiert⁷⁵. Und **Groth** selbst hat ansonsten keinen Zweifel an seiner Wertschätzung der französischen Mineralogie gelassen⁷⁶. Aber die Chemische Kristallographie konnte eben, wie **Groth** es in seiner Rede zum Ausdruck gebracht hat, durchaus als ein spezifisch deutsches - oder besser gesagt: spezifisch preußisches - Forschungsprogramm verstanden werden. Dies hat ihre Rezeption und ihre Weiterentwicklung in den anderen europäischen Ländern implizit mit bestimmt. Und vor allem sollte sich dies dann auch in den konkreten Beziehungen der ZfK zu den einzelnen europäischen und außereuropäischen Ländern manifestieren (vgl. Kap. 1. 3. 2.).

Ein letzter Gedanke schließlich zum sozialgeschichtlichen Kontext der Chemischen Kristallographie betrifft **Groths** Begriff der *Morphotropie*. Dessen eigentliche Grundlage waren ja die Arbeiten der organischen Chemie über die sogenannten "homologen Reihen" gewesen, d. h. vor allem die Arbeiten von **C. F. Gerhardt**

73. Vgl. Groth (1871), S. 236f.

74. Eine Beschreibung dieses 'Zeitgeistes' gab etwa der Chemiker A. W. Hoffmann. Unter dem Titel "Aus dem Kriegsjahr 1870" (mit Datum vom 7. 8. 1870) beschrieb er die "helle Aufregung", in welche die Kriegsergebnisse ganz Berlin versetzt hätten, und daß er dadurch kaum zum Arbeiten gekommen sei. Vgl. Hoffmann, in Volhard/Fischer (1902), S. 117-20.

75. Vgl. in dieser Hinsicht etwa Hiortdahl (1865).

76. Dies gilt insbesondere bezüglich der Arbeiten E. Mallards, des - neben E. von Fedorow - "größten Denkers", welcher "unserer Wissenschaft in den letzten fünfzig Jahren vergönnt" gewesen sei. Vgl. Groth (1928), S. 18; vgl. auch Groth (1926), S. 181f.

über die "homologen Reihen der Kohlenstoffverbindungen". Analog dazu konzipierte **Groth** die Morphotropie als die Frage nach den kristallographischen Veränderungen, welche bei bestimmten Verbindungen infolge der Substitution einzelner Atome oder Atomgruppen auftreten. Und diese Veränderungen verstand **Groth** nicht nur als bloß äußerliche bzw. quantitative, sondern als qualitative Veränderungen, insofern als sie in der Regel nicht unbeträchtliche Veränderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Substanzen bedingen.

Gerhardts "homologe Reihen", welche also für die **Grothsche** Morphotropie konstitutiv waren, erschienen nun aber noch in einem ganz anderen - und ebenso ausgezeichneten - Zusammenhang, nämlich bei **Marx** und **Engels** als einer der wesentlichen naturwissenschaftlichen Belege für das - in ihren Vorstellungen von der Entwicklung der Gesellschaft bekanntlich zentrale - **Hegelsche Gesetz des Umschlags von Quantität in Qualität**. **Engels** schrieb in seiner *Dialektik der Natur*, daß dasjenige Gebiet, auf welchem dieses "Naturgesetz seine gewaltigsten Triumphe feiert", die Chemie sei, welche man geradezu "als die Wissenschaft von den qualitativen Veränderungen der Körper infolge veränderter quantitativer Zusammensetzung" bezeichnen könne. Und hierzu verwies er dann eben auf **C. F. Gerhardts** "homologe Reihen der Kohlenstoffverbindungen". Dieser habe deutlich gezeigt, daß es die "quantitative Anzahl der Atome im Molekül" ist, welche die Möglichkeit und auch die wirkliche Existenz "qualitativ verschiedener isomerer Körper" bedinge⁷⁷. Und auch **Marx** selbst hat 1883 (in einem Zusatz zur dritten Auflage des *Kapitals*) die "Molekulartheorie" **Laurents** und **Gerhardts** als Beleg für seine Erklärung bestimmter qualitativer gesellschaftlicher Veränderungen genannt⁷⁸.

Auch diese Beziehung zwischen der **Grothschen** Morphotropie und der Gesellschaftslehre von **Marx** und **Engels** ist jetzt natürlich nicht im Sinne eines ursächlichen Zusammenhangs zu

77. Vgl. **Engels** [1873-83], S. 351f.; vgl. auch S. 510.

78. **Marx** bringt diesen Hinweis im Zusammenhang mit der Überlegung, daß erst die Aufgabe der mittelalterlichen Beschränkung der Anzahl von Arbeitern, welche ein Meister beschäftigen durfte bzw. die weit über dem mittelalterlichen Maximum liegende Minimalsumme, welche für die Produktion vorgeschossen wurde, den Handwerksmeister bzw. den Geld- und Warenbesitzer in einen "wirklichen Kapitalisten" verwandelt habe. Vgl. **Marx** (1867) I, S. 327.

verstehen. Die Herstellung und die Erforschung von Substitutionsprodukten bzw. Derivaten war seit den Arbeiten von **Gerhardt** gewissermaßen das 'Standardthema' der organischen Chemiker (vgl. in dieser Hinsicht **F. Mohrs** o. g. Beschreibung der Chemie um die Mitte des 19. Jahrhunderts), und es ist deshalb nicht erstaunlich, dieses Thema sowohl bei **Groth** als auch bei **Marx** und **Engels** zu finden. Aber dies zeigt eben deutlicher als **Groths** Begriff der Morphotropie selbst, warum er seine Chemische Kristallographie als eine 'moderne Mineralogie' verstanden wissen wollte, und nicht zuletzt wäre dies jetzt auch eine nachträgliche Begründung dafür, warum zu Beginn gerade das 1848 von **Karl Marx** und **Friedrich Engels** verfaßte *Kommunistische Manifest* als eine der sozialgeschichtlichen Zeitmarken genannt wurde (vgl. Teil A.), welche den Beginn der Herausbildung einer Moderne in der Mineralogie und chemischen Geologie markierten.

g.

1.3. Ein Sprachrohr für die Chemische Kristallographie: Die "Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie"

Groths Chemische Kristallographie hat es - zumindest in gewissen Grenzen - vermocht, einer modernen Mineralogie eine vorläufige disziplinäre Matrix zu geben. Obwohl - oder: gerade weil - das Programm keinen revolutionären Bruch mit der traditionellen beschreibenden Mineralogie darstellte, sondern - im Sinne dessen, was zu Beginn als 'konservative Modernisierung' bezeichnet worden war (vgl. Kap. B. 1. Anm. 4) - in erster Linie eine Anpassung der traditionellen Mineralogie an die Fortschritte der modernen Chemie und Physik darstellte, war es geeignet, ein Bindeglied für die 'scientific community' der Mineralogen auf dem Weg in die Moderne zu liefern.

Nur wenige Jahre nach der Übernahme der Professur in Straßburg bot sich **Groth** allerdings noch eine weitere Möglichkeit, ein solches konstitutives Element einer "modernen Mineralogie" zu schaffen, und zwar in Gestalt einer eigenen Zeitschrift: der - wie sie zunächst hieß - *Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie*¹. Ganz analog dem Programm der Chemischen Kristallographie selbst war die ZfK einerseits Sachwalterin der klassischen ('beschreibenden') Mineralogie, andererseits gab sie der neuen, an der modernen Chemie und Physik orientierten Kristallographie und Mineralogie allererst ein eigenständiges Sprachrohr².

1. Die Bedeutung von Zeitschriften bei der Gründung bzw. Institutionalisierung neuer Wissenschaftsdisziplinen hat jüngst auch M. Crosland am Beispiel der "Annales de Chimie" aufgezeigt. Vgl. Crosland (1994). Die Geschichte der ZfK wird hier in erster Linie in ihrem naturwissenschaftlichen Kontext behandelt. Insbesondere auch im Hinblick darauf, daß eines von Groths elf Kindern der Journalist und Zeitungswissenschaftler Otto Groth (1875-1965) war, sei aber zumindest angemerkt, daß die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts überhaupt eine Phase des Aufschwungs der periodischen Presse darstellte. Konkret bedeutete dies zum einen ein neues Bewußtsein über die politische Bedeutung der Presse - 'wer die Presse hat, der hat die öffentliche Meinung' - und damit zusammenhängend: eine Kommerzialisierung und Parteiisierung der Presse. Vgl. etwa O. Groth (1948), S. 209-14 & 227-9.

2. So war die ZfK dann auch ein nicht unwesentlicher Faktor für die Institutionalisierung der Festkörperphysik nach dem ersten Weltkrieg, insofern als die Kristallographie in ihr bereits über eine gut etablierte Zeitschrift verfügte. Vgl. Weart (1992), S. 627.

Zum Spiegelbild der Herausbildung einer Moderne in den Geowissenschaften wurde die ZfK dabei insbesondere dadurch, daß sie - wie es der eingangs (Kap. B. 1.) zitierte Brief **Bröggers** an **Groth** zeigt, und wie dies ja auch, in Übereinstimmung mit **Groths** Programm der Chemischen Kristallographie selbst, eines ihrer erklärten Ziele war - die Untersuchung 'künstlicher' Mineralien bzw. künstlicher chemischer Verbindungen endgültig als Bestandteil der Mineralogie etabliert hat. Die ZfK steht so für eine allgemeine Entwicklung der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, nämlich die zunehmende Bedeutung künstlich hergestellter bzw. künstlich veränderter Naturprodukte gegenüber den eigentlichen Naturprodukten, oder anders gesagt: sie steht für die zunehmende 'Auflösung' oder das 'Gleichgültigwerden' der Grenze zwischen 'Natur' und 'Kunst'³. Ein markanter Ausdruck dieses Prozesses ist die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bewußt vorangetriebenen Ausbreitung der Kulturpflanzen, und in Analogie dazu bezeichnet die Geschichte der ZfK die bewußt vorangetriebene 'Ausbreitung der Kulturmineralien'⁴.

1.3.1. Die Ausbreitung der 'Kulturmineralien': Gründung, Programm und Strategien der "Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie"

Groth hat die Redaktion der ZfK fast vierzig Jahre lang - von 1877 bis einschließlich 1916 (d. h. für die Bände 1-55) -

3. Vgl. hierzu vor allem die einschlägigen Arbeiten B. Latours, hier insbesondere Latour (1995), S. 7-9, 14, 18-21, 25-29 u. ö.

4. Zu diesem Begriff vgl. auch V. M. Goldschmidts Begriff der "Kulturmetalle". Ausschlaggebend für die 'kulturelle' Bedeutung, welche ein Metall erhält, ist nicht die tatsächlich vorhandene Menge in der Erdkruste, sondern dessen "technische Zugänglichkeit", d. h. die Menge eines Metalls, "welche mit unseren Hilfsmitteln billig gewonnen werden kann". Vgl. V. M. Goldschmidt (1922a), S. 7. Vgl. hierzu dann vor allem auch V. Goldschmidts Bestimmung einer "Biologie der Krystalle". Deren Aufgabe sei die Untersuchung von "Werden und Vergehen" der Kristalle, und eine wesentliche Rolle hierbei spiele dann auch - in Analogie zur Züchtung von Tieren und Pflanzen in der Biologie - die "Krystallzüchtung", d. h. die künstliche Herstellung von Kristallen. Vgl. V. Goldschmidt (1913), S. 3f.

inne gehabt⁵. Einige der Überlegungen, welche ihn zu ihrer Gründung veranlaßt haben, sowie einige der wesentlichen Momente ihrer weiteren Entwicklung, hat er selbst 1928 (also ein Jahr nach seinem Tod) veröffentlichten Rückblick auf 50 Jahre Geschichte der ZfK zu umreißen versucht⁶.

Eine eigene Zeitschrift mit dem Schwerpunkt Kristallographie hatte es bis zur Gründung der ZfK nicht gegeben, und manche seiner Fachgenossen waren zunächst auch durchaus skeptisch, ob sich eine solche Zeitschrift überhaupt würde halten können. Die (deutschen) kristallographisch arbeitenden Physiker und Mineralogen hatten bis dahin vor allem die von **Johann Christian Poggendorff** (1796-1877) seit 1824 herausgegebenen *Annalen der Physik und Chemie* für ihre Publikationen benutzt, so etwa **Franz E. Neumann** (1798-1895), **M. L. Frankenheim** (1801-1869) und später **F. E. Reusch** (1812-1891)⁷ sowie **L. Sohncke** (1842-1897), die Vertreter einer im engeren Sinne kristallographisch bzw. physikalisch orientierten Forschung, und **Gustav Rose**, **C. F. Naumann** (1797-1873) und später **Gerhard vom Rath** (1830-1888), die Mineralogen im engeren Sinne.

Groth selbst hat seine ersten Arbeiten in **Poggendorffs** *Annalen* veröffentlicht, wofür ihm vor allem sein Berliner Lehrer der Physik, **Gustav Magnus** (1802-1870), sowie seine persönliche Bekanntschaft mit dem Herausgeber den Weg geebnet haben⁸. **Poggendorffs** Zeitschrift war zunächst das eigentliche Vorbild für **Groths** neues Journal⁹. **Poggendorff** war 1874 aus Altersgründen von

5. Nach einer durch den Weltkrieg bedingten Unterbrechung erschien die Zeitschrift wieder ab 1920 mit P. Niggli als Redakteur und erstem Herausgeber sowie den Mitherausgebern P. P. Ewald, K. Fajans und M. von Laue.

6. Zur Geschichte der ZfK vgl. dann vor allem Groth (1928). Vgl. auch Steinmetz/Weber (1938), hier S. 27-31.

7. Nicht zu verwechseln mit seinem norwegischen Namensvetter H. H. Reusch (1852-1922), der in Oslo tätig war und ebenfalls einige Beiträge für die ZfK geliefert hat.

8. Vgl. Groth (1928), S. 2. Groth war mit Poggendorff seit seinem Studium in Berlin bekannt; er hatte u. a. im Wintersemester 1865/66 bei Poggendorff Vorlesungen über Geschichte der Physik gehört. Groth (GLE), S. 32.

9. So hat Poggendorff vor allem auch Übersetzungen von den wichtigsten französischen, englischen und italienischen (physikalischen) Arbeiten aufgenommen und so - nach Groth - ein "Repertorium der physikalischen und verwandten Wissenschaften" geschaffen, wie es zu seiner Zeit wohl einzigartig war. Vgl. Groth (1928), S. 1. Und eben ein solches Repertorium wollte Groth mit seiner Zeitschrift für die Kristallographie und Mineralogie schaffen. Poggendorff, den Groth seit 1869 kannte, hat den Plan der Gründung eines eigenen "krystallographischen Journals" unterstützt, bemerkt aber auch bedauernd, daß ihm dieses wohl die Arbeiten Groths, G. vom Rath und anderer "für die Folge

der Redaktion der *Annalen* zurückgetreten und hatte diese an den Leipziger Physiker **Gustav Heinrich Wiedemann** (1826-1899) übergeben. Bedeutender als der Redaktionswechsel selbst war allerdings, daß dieser zum Anlaß genommen wurde, die Zeitschrift noch enger als bisher auf physikalische Abhandlungen im eigentlichen Sinne zu beschränken, wodurch "die Arbeiten aus anderen Wissenszweigen, namentlich die der Mineralogie und Kristallographie, gewissermaßen obdachlos (wurden)"¹⁰. Eine solche Aufteilung in verschiedene Fachzeitschriften sei auch, so fügt **Groth** rückschauend - und wohl auch mit Blick auf das Schicksal seiner eigenen Zeitschrift nach 1920 - hinzu, bei einer Zeitschrift, welche so unterschiedliche Gegenstände behandle, abzusehen gewesen; wenngleich dieser Prozeß durch "künstliche Mittel" längere Zeit habe hinausgezögert werden können, so wäre doch schon damals deutlich gewesen, daß dies nicht für immer möglich sein werde. Gleiches habe ja letztlich für die *Mineralogischen Mitteilungen* **G. Tschermaks** gegolten, welche fast ausschließlich österreichische Mineralogen als Mitarbeiter hatten. Auch hier war die Orientierung vorwiegend eine 'naturhistorische' gewesen, so daß selbst die Wiener Kristallographenschule unter **J. Grailich** (1829-1859)¹¹ und später **Victor von Lang** (1838-1921)¹² die Zeitschrift nie habe als

entziehen" werde. Poggendorff an Groth, 18.5.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Poggendorff 10).

10. Vgl. Groth (1928), S. 3.

11. J. Grailich hat 1856 die maßgebende deutsche Übersetzung von W. H. Millers "A treatise on crystallography" (1839) veröffentlicht und damit dessen Methode der Kristallbezeichnung im deutschen Sprachraum bekannt gemacht. Vgl. Groth (1926), S. 92. Grailichs Werke zur Kristalloptik gehörten auch zur wesentlichen Lektüre Groths während seines Studiums in Berlin. Vgl. Groth (GLE), S. 42.

12. Der heute wenig bekannte Victor von Lang galt seinen Zeitgenossen als einer der bedeutendsten Kristallographen, welcher "zum ersten Male vollständig und klar" das "Gesetz von der Rationalität der Indices" in seinem im Jahre 1866 herausgegebenen "Lehrbuch der Krystallographie" ausgesprochen habe. Vgl. Fock (1888), S. 5. Und nach A. E. H. Tutton gebühre Lang das Verdienst, zuerst deutlich gemacht zu haben, daß die "true elements of symmetry" der Kristalle "planes of symmetry and axes of symmetry" seien. Vgl. Tutton (1924), S. 22. Beides ist nicht ganz unrichtig. Das Rationalitätsgesetz war zwar seit Häuy implizit vorhanden, wo es sich aber tatsächlich erstmals explizit formuliert findet, ist eine nicht ganz unumstrittene Frage. Am sinnvollsten scheint mir, Hessels "Gerengesetz" als diese erste bewußte Formulierung zu sehen. Vgl. Hessel (1831) II, S. 45-91. Vgl. hierzu auch Burckhardt (1988), S. 27.

geeignetes Publikationsorgan empfinden können¹³.

Bei der Frage, welche Zeitschrift bzw. welches andere Fach stattdessen nun für die kristallographischen Arbeiten eine "geeignete Unterkunft"¹⁴ bieten könne, war natürlich zuerst an die Mineralogie zu denken, welche allerdings kein eigenständiges Publikationsorgan besaß. Die führende geowissenschaftliche Zeitschrift, das *Neue Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefacten-Kunde*¹⁵ war vorwiegend 'naturhistorisch' orientiert und hat die Kristallographie so gut wie gar nicht berücksichtigt (weshalb die Kristallographen auch in der Regel auf **Poggendorffs Annalen** ausgewichen waren).

Diese Situation also ließ **Groth** die Gründung einer eigenen Zeitschrift für Kristallographie notwendig erscheinen, und diese Gründung habe er dann im Jahr 1875 erstmals ernsthaft in Erwägung gezogen. Neben der eigentlichen Kristallkunde sollte auch die Mineralogie zum Programm der ZfK gehören, was er später damit begründete, daß bei einer Beschränkung auf die erstere die Zahl der Mitarbeiter, auch wenn alle Kristallographen des Auslandes als solche hätten gewonnen werden können, wohl letztlich doch zu gering gewesen wäre, um der ZfK einen dauerhaften Bestand zu sichern. Mineralogie sollte dabei dann aber auch nur im engeren Sinne als "Kenntnis der Mineralien" verstanden werden, d. h. die "Petrographie, eine Wissenschaft, welche naturgemäß dem Gebiet der Geologie angehört", sollte auf jeden Fall ausgeschlossen bleiben¹⁶.

Als Verleger der neuen Zeitschrift konnte **Wilhelm Engelmann** (1808-1878) in Leipzig gewonnen werden, bei dem **Groth** gerade seine *Physikalische Kristallographie und Einleitung in die kristallographische Kenntnis der wichtigeren Substanzen* (1876) veröffentlicht hatte. **Engelmann** erklärte sich vor allem auch bereit, eine ausreichende Ausstattung der ZfK mit Tafeln und Textfiguren zu gewährleisten, um ihr ein entsprechendes äusseres

13. Vgl. Groth (1928), S. 3.

14. Vgl. ebd.

15. Die Zeitschrift war 1807 von Karl Cäsar von Leonhard als "Taschenbuch für die gesammte Mineralogie" gegründet und rasch zur führenden deutschsprachigen Zeitschrift für die geologischen Wissenschaften geworden. Mitherausgeber wird 1830 H. G. Bronn. Gleichzeitig erfolgt eine Umbenennung in "Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefacten-Kunde"; ab 1833 erscheint die Zeitschrift als "Neues Jahrbuch ...".

16. Vgl. Groth (1928), S. 4.

Erscheinungsbild zu verschaffen, was, wie **Engelmann** sehr wohl wußte, für den Verkaufserfolg nicht ganz unerheblich war¹⁷.

Nachdem so die technischen Probleme schnell gelöst waren und **Groth** auch schon mit den ihm befreundeten deutschen Fachkollegen (insbesondere **Gerhard vom Rath**) seinen Plan diskutiert und sich deren Mitarbeit zugesichert hatte¹⁸, konnte er daran gehen, sich um die Mitarbeit der ausländischen Mineralogen zu bemühen.

Zustimmung zu seinem Plan erhielt er zunächst vor allem aus England, so u. a. von **William H. Miller** (1801-1880) und **Nevil Story-Maskelyne** (1823-1911)¹⁹. Dort hatte sich etwa gleichzeitig ein für die Kristallographie und Mineralogie und insbesondere für die Beziehungen beider Wissenschaften nicht ganz unbedeutender Vorgang vollzogen. In London war am 3. Februar 1876 eine

17. Vgl. ebd. Nach dem Tod von W. Engelmann (1878) wurde der Verlag von seinem Sohn Theodor W. Engelmann (1843-1909) weitergeführt. Von den beiden Engelmanns befinden sich insgesamt 787 Briefe im Nachlaß Groths (BSB-Hs: Grothiana X/Engelmann), deren Auswertung deshalb einer eigenen Studie vorbehalten bleiben muß.

18. Sein Freund G. vom Rath schrieb ihm im März 1873 zu seinem Plan: "Verehrter Freund! Sie möchten in Ihrem werthen Briefe v.[om] 5. d.[ieses] eine ganz kurze Mittheilung darüber, ob ich Ihrem Plane, ein neues mineralog.[isches] Journal zu gründen, zustimme und ob ich in den Tagen 20-25 d.[es] M.[onats] in Bonn sein werde? - Auf beide Fragen kann ich ein freudiges Ja sagen. - Die Gründung einer mineralog.[ischen] Zeitschrift, welche erst wahrhaft diesen Namen verdienen wird im Gegensatz zum N.[eu]en Jahrb.[uch] f.[ür] Min.[eralogie] scheint mir sehr zeitgemäß, sehr wichtig, vielversprechend für den Fortschritt unserer Wissenschaft und zu ihrer Anerkennung auch bei Chemikern und Physikern vortrefflich geeignet. Es würde diese neue Zeitschr.[ift] die erste überhaupt existierende sein für Mineralogie im eigentlichen Wortsinne nach Ausscheidung der Geologie etc. ... Was ich für die Sache thun kann, soll gewiß gerne geschehen, da ich überzeugt bin, durch Förderung Ihres grossen Unternehmens direkt der Wissenschaft zu dienen". Vom Rath an Groth, 14.3.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Rath 25).

19. Miller an Groth, 8.7.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Miller 1). Maskelyne an Groth, 20.7.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Maskelyne 1). Ein Grund für das lebhaftes Interesse gerade von englischer Seite mag gewesen sein, daß man sich von der ZfK indirekt eine 'Entwicklungshilfe' für die eigene Mineralogie und Kristallographie versprach. Trotz einzelner herausragender Kristallographen hatte England im 19. Jahrhundert nie eine Deutschland (oder auch Österreich) vergleichbare 'mineralogical community'. In diesem Sinne schrieb N. Story Maskelyne 1905 mit Bezug auf die allgemeine Entwicklung der Mineralogie und Kristallographie, "that our Sciences are growing and flourishing and that even my backward country is beginning to grow some mineralogists and crystallographers. We are still however much behind Germany and Austria in this respect!" Maskelyne an Groth, 4.12.1905 (BSB-Hs: Grothiana X/Maskelyne 10).

Mineralogische Gesellschaft unter dem Vorsitz von **H. C. Sorby** (1826-1908) entstanden, die eine Zeitschrift unter dem Titel *The Mineralogical Magazine and Journal of the mineralogical Society of Great Britain and Ireland* herausgab (das erste Heft erschien noch im August des Gründungsjahres der Gesellschaft). Wenige Monate später, am 14. Juni 1876, wurde in London zudem eine kristallographische Gesellschaft gegründet, deren Vorsitz **Miller** (1801-1880) übernahm; Schatzmeister wurde **Story-Maskelyne** (1823-1911), der Vorstand der mineralogischen Abteilung des britischen naturhistorischen Museums, Sekretär dessen Assistent **W. J. Lewis** (1847-1926). Die Ziele der Gesellschaft deckten sich weitgehend mit **Groths** Vorstellungen von den Aufgaben einer chemischen Kristallographie: Studium der theoretischen und physikalischen Kristallographie, Forschungen über den Zusammenhang zwischen der chemischen Konstitution und der Kristallform sowie über die Entstehung der Kristalle. Die kristallographische Gesellschaft hatte kein eigenes Journal, so daß die Arbeiten ihrer Mitglieder in der Regel im *Philosophical Magazine* (gewissermaßen dem englischen Pendant zu **Poggendorffs Annalen**) erschienen, gleichzeitig aber den Mitgliedern als zusammengefaßte Sonderdrucke geliefert werden sollten. Zwei solcher Bände erschienen 1877 und 1882 als *Proceedings of the Crystallogological Society*, deren einzelne Abhandlungen vollständig (in deutscher Übersetzung) in **Groths** Zeitschrift aufgenommen wurden. Beide Gesellschaften bestanden allerdings nur wenige Jahre nebeneinander. 1883 fanden Verhandlungen über einen Zusammenschluß statt mit dem Ergebnis, daß die Mitglieder der *Crystallogological Society* in die *Mineralogical Society* eintraten, womit diese mit **N. Story-Maskelyne**, **W. J. Lewis**, **H. A. Miers** (1858-1942) und **L. Fletcher** (1854-1921) die "in dieser und der folgenden Zeit hervorragenden Forscher auf dem Gebiet der Kristall- und Mineralkunde" zu Mitgliedern gewann²⁰.

20. Vgl. Groth (1928), S. 5. Für die gute Beziehung Groths zur englischen Mineralogie spricht auch, daß es gerade diese vier englischen Mineralogen waren, die später die Anfertigung des bekannten Gemäldes von Groth durch den Genre-Maler E. Grützner (1846-1925) veranlaßt haben. Der Anstoß hierzu ist aber wohl von Brögger in Oslo gekommen. Brögger an Groth, 11.4.1903 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 68). Groth an Maskelyne, 30.4.1904 (BSB-Hs: Grothiana IX/Maskelyne). Das Bild zeigt Groth in seinem 60. Lebensjahr und befindet sich heute im Mineralogischen Institut der Universität München; eine Reproduktion findet sich etwa bei Schwarzmann (1988), S. 110.

Ablehnend hatten sich dagegen im wesentlichen die Franzosen verhalten. **Gabriel-Auguste Daubreé** (1814-1896), bekanntester Vertreter einer experimentellen Geologie²¹, und **A. L. Des Cloizeaux** erklärten den Plan der Gründung einer solchen Zeitschrift für aussichtslos: eine Zeitschrift, allein für Mineralogie, d. h. ohne die Geologie, sei nicht existenzfähig²². Die Franzosen hatten sich auch in der Folgezeit kaum an der ZfK beteiligt. So finden sich etwa in den ersten zwölf Bänden (d. h. für das erste Jahrzehnt des Bestehens der ZfK) - abgesehen von einigen kürzeren Mitteilungen von **A. Bertin** (1818-1884), **E. Bertrand** (?-1909), **A. Damour** (1808-1902) und **A. L. Des Cloizeaux** - keine Originalarbeiten französischer Autoren²³. Eine Ursache hierfür war die Gründung der französischen mineralogischen Gesellschaft im Jahr 1877 mit **Ernst Mallard** (1833-1894) als ihrem

21. Daubreé hat bereits um 1850 eine Reihe petrologischer Experimente ausgeführt und ist vor allem durch die künstliche Herstellung von Quarz, Feldspat und Glimmer mittels überhitztem Wasserdampf bekannt geworden. Zusammenfassend hat er seine Ergebnisse in seinen "Études et expériences synthétiques sur le métamorphisme et sur la formation des roches cristallines" (Paris 1859) dargestellt (dt. Ausgabe: "Betrachtungen und Versuche über den Metamorphismus und über die Bildung der krystallinischen Gesteine", Berlin 1861). Vgl. hierzu etwa B. Fritscher (1991), S. 148-56 u. ö.

22. Dies berichtete Groth in seiner Rückschau. Vgl. Groth (1928), S. 16. Aus der Korrespondenz läßt sich dies nicht belegen. Von den beiden erhaltenen Briefen Daubrées an Groth ist der eine lediglich eine Visitenkarte, der andere ein kurzes Dankschreiben Daubrées für Groths Abhandlung über das Gneisgebiet von Markkirch (Groth, 1877a). Daubrée an Groth, 29.10.1877 (BSB-Hs: Grothiana X/Daubrée 1). Etwas besser war das Verhältnis zu A. Des Cloizeaux, den Groth anlässlich einer Parisreise im Oktober 1878 auch persönlich kennen gelernt hat. Des Cloizeaux an Groth, 14.10.1878 [Datum des Poststempels] (BSB-Hs: Grothiana X/Des Cloizeaux 2). Groth selbst berichtete über seine Reise und seinen Besuch bei Des Cloizeaux an Brögger: "Erst am Anfang Oktober hatte ich Zeit, nach Paris zu gehen; ich war dort 16 Tage und bin sehr befriedigt von der Stadt und von der Aufnahme, welche ich dort bei den Fachgenossen fand. Selbst Des Cloizeaux war sehr liebenswürdig, wenn ich auch mit den Erklärungen, welche er mir für sein langes Schweigen gab, nicht zufrieden bin". Groth an Brögger, 8.11.1878 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Zur Parisreise Groths auch Groth an seine Mutter M. Groth, 9. & 13.10.1878 (BSB-Hs: Grothiana X/Groth, Mutter 1 & 2). Mit Des Cloizeaux hat Groth sich zumindest vereinzelt über bestimmte kristallographische Probleme oder über in Paris hergestellte Instrumente ausgetauscht (etwa das Mikroskop von Des Cloizeaux' Mitarbeiter E. Bertrand). Des Cloizeaux an Groth, 20.11.1879, 5.4.1882 & 26.10.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Des Cloizeaux 4, 5 & 11).

23. Vgl. Steinmetz/Weber (1938), S. 30f.; vgl. auch Kap. B. 1. 2.

ersten Präsidenten, welche im gleichen Jahr als Publikationsorgan der Gesellschaft das *Bulletin de la Société minéralogique de France* ins Leben rief, in dem in der Folgezeit die Arbeiten der französischen Mineralogen und Kristallographen erschienen. Damit war gleichzeitig mit **Groths** Zeitschrift ein zweites, allein der Mineralogie und Kristallographie gewidmetes Fachorgan entstanden, welches allerdings, so betont **Groth** ausdrücklich, mit seiner Zeitschrift "nicht im Verhältnis feindseliger, sondern kameradschaftlicher Konkurrenz stand" (so hätten gerade **Mallard** und seine Schüler immer größten Wert darauf gelegt, daß ihre Arbeiten in der ZfK ausführlich referiert würden)²⁴.

Der eigentliche Grund für die reservierte Haltung der Franzosen gegenüber der ZfK bzw. für **Groths** - verglichen mit der zu den Mineralogen der anderen europäischen Länder - überhaupt wenig entwickelte Beziehung zu den französischen Mineralogen war aber sicher die politische Lage nach 1871. Seit dem Deutsch-Französischen Krieg von 1870/71 und der Annexion von Elsaß-Lothringen war für eine solche Beziehung wenig Raum gegeben. Und daß die Redaktion der neuen Zeitschrift gerade von (dem aus französischer Sicht: besetzten) Straßburg aus erfolgen sollte, dürfte dem Willen der französischen Mineralogen zur Mitarbeit ebenfalls eher abträglich gewesen sein.

Auf einige der weiteren in- und ausländische Mineralogen, welche **Groth** zur Mitwirkung an dem neuen Journal eingeladen hatte, wird im Folgenden noch näher eingegangen. Zumindest dem Namen nach angeführt seien hier aber auch der bereits genannte **V. von Lang**²⁵, der Genfer Mineraloge **Ch. Marignac**²⁶, der

24. Vgl. Groth (1928), S. 16f.

25. Lang hätte es freilich vorgezogen, "daß ein schon bestehendes Journal zu einem krystallographischen Archiv gestempelt worden wäre"; da dies aber "in praxi wirklich nicht möglich scheint", begrüße er auch "ein neues Journal mit Freuden", und er "werde auch bestrebt sein, gelegentlich thätigen Antheil zu nehmen". Er regte dann vor allem an, daß gleich von der ersten Nummer an alle Mitarbeiter darauf verpflichtet werden sollten, "ein und dieselbe [kristallographische; B. F.] Bezeichnung zu gebrauchen", und daß u. U. "auch die älteren Untersuchungen nach und nach .. in dieser geeinigten Bezeichnung mitgetheilt würden" (besonders ausländische, wie z. B. die Messungen C. Marignacs). Lang an Groth, 20.5.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Lang 2).

26. Marignac hat Groth allerdings mitgeteilt, daß er sich schon längere Zeit nicht mehr weder mit Mineralogie noch mit Kristallographie beschäftige. Er führe zwar nach wie vor einige chemische Arbeiten im Labor aus, seine Hoffnung, hier noch einmal Ergebnisse zu erzielen, welche der Publikation wert seien, seien allerdings gering. Trotzdem wünsche er dem neuen Journal, welches zweifellos eine Lücke schließen ("comblera une lacune

Heidelberger Chemiker **H. Kopp**²⁷, der **Groth** aus seiner Berliner Zeit bekannte Chemiker **C. Rammelsberg**²⁸ und nicht zuletzt sein Wiener Freund **A. Brezina**²⁹.

So weit also waren die ersten Planungen gediehen, als **Groth** im November 1876 einen siebenseitigen *Prospectus* mit folgender Ankündigung versandte:

"Prospectus. Im Verlage von W. Engelmann in Leipzig erscheint von Januar 1877 ab: Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen des In- und Auslandes herausgegeben von P. Groth. In Heften von 6-7 Bogen. 6 Hefte bilden einen Band in gr. 8."³⁰

Durch die zunehmende Spezialisierung der Naturwissenschaften habe sich das Bedürfnis herausgestellt, "die Resultate der Einzelforschungen einer jeden Disciplin in einem besonderen Fachjournale zu vereinigen". Während nun seit längerer oder kürzerer Zeit "alle anderen Naturwissenschaften eigene Fachzeitschriften" besäßen, fehlte eine solche bis jetzt "vollständig für die Krystallographie". Eine solche wäre auch "gänzlich unnöthig", wenn man diese auf "die Gesetze der geometrischen Formen der Krystalle" beschränken, sie also "als eine rein geometrische Wissenschaft auffassen" wollte. Wollte man allerdings darunter auch, wie es eben sein 1870 entwickeltes Konzept vorsah, "die Resultate der krystallographischen

regrettable") und sicher von großem Wert für alle Mineralogen und Kristallographen sein werde, Glück und guten Erfolg. Marignac an Groth, 28.6.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Marignac 2).

27. Kopp hatte sich zustimmend zum Plan der ZfK geäußert und auch seine Mitwirkung zugesagt. Kopp an Groth, 13.7.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Lang 2). Von Kopp ist dann allerdings nie ein Beitrag in der ZfK erschienen.

28. Rammelsberg hieß Groths Plan einer kristallographischen Zeitschrift willkommen und versprach seine Mitarbeit. Auch er stimme zu, daß das Studium der geometrischen und physikalischen Eigenschaften der Körper bei den Chemikern zu kurz komme. Rammelsberg an Groth, 25.6.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Rammelsberg 4).

29. Er freue sich über das Zustandekommen des neuen Journals für Kristallographie, und er werde Groth "mit grossem Vergnügen" seine "allerdings etwas schreibfaule Feder zur Verfügung stellen". Brezina bedauerte nur, daß es ihm wohl nicht möglich sein werde, wenn seine "Frau einen gesunden Jungen entbunden" hätte, "diese krystallographisch wichtige Thatsache" in dem neuen Journal bekanntzugeben. Brezina an Groth, 12.6.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 10).

30. Vgl. Groth: *Prospectus* (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a). Soweit nicht anders angegeben, ist das Folgende dem "Prospectus" entnommen.

Erforschung der in Krystallen erscheinenden Substanzen" verstehen, so könne die Kristallographie nicht getrennt werden von der Mineralogie. Diese letztere sei, wie er es ja ebenfalls 1870 dargelegt hatte, schon seit Jahrzehnten zu der Überzeugung gekommen, daß die Erforschung der (natürlichen) Mineralien allein uns nicht die Gesetze des Zusammenhanges der verschiedenen Eigenschaften der kristallisirten Substanzen kennen zu lehren im Stande sei, "dass dazu vielmehr das Studium ausgedehnt werden müsse auch auf die Körper, welche uns die Natur nicht fertig gebildet auf der Erde darbietet". Je mehr nun mit den wachsenden Fortschritten auf dem Gebiete der Chemie sich deren Aufgabe darauf beschränkte, "die Naturgesetze zu studieren, welche die chemischen Prozesse, die Bildung und Zersetzung der Stoffe, beherrschen", desto mehr hätten "Krystallographen und Mineralogen die Feststellung der Eigenschaften der erhaltenen Körper" übernommen, "die Vergleichung derselben mit einander und mit ihrer chemischen Constitution", eine Arbeit, in welcher zweifellos "die Hauptaufgabe der Mineralogie und Krystallographie für die nächste Zukunft" zu sehen sei³¹.

Eine der Ursachen, daß auf diesem "für die Chemiker so wichtigen" Gebiete bisher die "Ausbeute an wohlerkannten Gesetzmässigkeiten" gering geblieben sei (sie beschränke sich wesentlich auf das Gesetz der Isomorphie), sah **Groth** in dem Mangel eines "planmässigen Zusammenwirkens der Chemiker und Krystallographen", welches wiederum hauptsächlich "in dem Fehlen eines, beide verbindenden Organ's, in welchem alle krystallographischen Bestimmungen chemischer Produkte gesammelt würden", begründet sei. Nehme man "die theoretische, die physikalische, und die gesammte chemische Krystallographie, d. i. die Kenntniss der Krystallformen und physikalischen Eigenschaften der festen Stoffe und die des Zusammenhanges jener mit der chemischen Constitution, zusammen mit der eigentlichen Mineralogie, welche sich nur mit den natürlichen Verbindungen beschäftigt und von jenen Disciplinen praktisch nicht zu trennen ist", so erhalte man ein Gebiet "von einem Umfange und einer Wichtigkeit, namentlich für die Nachbargebiete Chemie, Physik und Geologie", daß man glauben sollte, dieses müßte längst durch eine eigene Zeitschrift vertreten sein³².

31. Vgl. Groth: Prospectus (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 1f.

32. Vgl. Groth: Prospectus (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 2 (Herv. orig.).

Stattdessen fänden sich die diesbezüglichen Arbeiten in den verschiedensten Zeitschriften zerstreut, in geologischen (wo den kristallographischen Untersuchungen meist nur dann ein Platz eingeräumt werde, wenn sie sich zufällig auf natürlich vorkommende Stoffe bezögen), in physikalischen und chemischen Zeitschriften, endlich in den verschiedenen "Gesellschaftsjournalen". Das Hauptziel der neuen Zeitschrift sei es also,

"diese Zersplitterung der einschlägigen Literatur, welche namentlich den Angehörigen verwandter Fächer, den Chemikern, Geologen und Physikern, die Verfolgung derselben bisher unmöglich machte, zu beseitigen und die jenem Gebiete angehörenden Arbeiten in der angekündigten Zeitschrift möglichst zu vereinigen"³³.

Da bei der hierbei anzustrebenden Vollständigkeit auf dem diesem Gebiet eine Aufnahme aller Arbeiten, namentlich auch der außerdeutschen, im Original letztlich nicht zu erreichen sei, sollten von den übrigen, "unmittelbar nach ihrem Erscheinen, Auszüge gegeben werden", womit die Zeitschrift "ein vollständiges Repertorium über alle Forschungen auf dem gesamten Gebiete der Krystallographie und Mineralogie" darstellen werde³⁴.

Daß eine solche Zeitschrift einem allgemeinen Bedürfnis entspräche, sah **Groth** durch das "allseitige Entgegenkommen" bestätigt, welches die ersten, von der Redaktion zur Verwirklichung dieses Planes getanen Schritte bei den Fachgenossen im In- und Auslande gefunden hätten; viele "hervorragende Krystallographen und Mineralogen" hätten bereits ihre Beteiligung und die Einsendung von Originalaufsätzen

33. Groth: Prospectus (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 3.

34. Vgl. Groth: Prospectus (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 3 (Herv. orig.). In diesen "mustergültigen, vollständigen und absolut sachlichen Referaten" hat später auch V. M. Goldschmidt einen nicht unwesentlichen Bestandteil der ZfK gesehen. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926a), S. 8. Und die Referate trugen sicher auch nicht unwesentlich dazu bei, der Zeitschrift rasch eine große Akzeptanz bei den Lesern zu sichern. Dafür spricht, daß auch im "Neuen Jahrbuch ..." schon kurz nach Erscheinen der ZfK ebenfalls geplant wurde, einen solchen ausführlichen Referatenteil einzurichten. Anfang 1879 fragte etwa D. Klein bei E. S. Dana an, ob er diese für die amerikanischen Arbeiten übernehmen wolle. Dana versicherte sich daraufhin aber zuerst bei Groth (für dessen ZfK er bereits als Referent tätig war), ob dieser dagegen auch nichts einzuwenden hätte. E. S. Dana an Groth, 4.3.1879 (BSB-Hs: Grothiana X/E. S. Dana 7). Groths konkrete Antwort ist nicht belegt, aber auf jeden Fall hat Dana Klein im April 1879 abgesagt. E. S. Dana an Groth, 29.4.1879 (BSB-Hs: Grothiana X/E. S. Dana 10).

zugesagt³⁵. Zudem hätten "eine Anzahl auswärtiger Vertreter dieses Faches sich erboten, regelmässige Berichte" über die in ausländischen Zeitschriften erscheinenden mineralogischen und kristallographischen Arbeiten für die Zeitschrift zu erstellen³⁶.

Dadurch, daß nun zum ersten Male die Kristallographen der verschiedenen Schulen durch die Gründung einer gemeinsamen Zeitschrift in eine "nähere Verbindung" getreten seien, ergab sich vor allem auch das Problem, "die Ungleichmässigkeit der krystallographischen Bezeichnungen", welche bis dahin sehr unterschiedlich gehandhabt wurden (was auch schon zu "vielen und gerechten Klagen Anlass gegeben" habe), "wenn nicht zu beseitigen, so doch einigermaßen einzuschränken"³⁷. Konkret war dies im wesentlichen die Frage, ob der **Millerschen** oder aber der in Deutschland verbreiteten **Naumannschen** Kristallbezeichnung der Vorzug zu geben sei³⁸.

35. Groth gibt dann eine Liste der Kollegen, welche zunächst ihre Mitarbeit zugesagt haben (mit * nach dem Namen gekennzeichnet sind diejenigen, welche dann, zumindest für die ersten zwölf Bände, doch keine Originalbeiträge geliefert haben). Dies waren: A. d'Achiardi (Pisa), A. Arzruni (Straßburg), H. Baumhauer (Lüdinghausen), C. Bodewig (Straßburg), L. Bombicci* (Bologna), A. Brezina (Wien), W. C. Brögger (Christiania), A. Cossa (Turin), J. Dana (New Haven), Ed. S. Dana (New Haven), H. Eck* (Stuttgart), M. Erofejeff* (Petersburg), H. Fischer (Freiburg), C. Frenzel* (Freiberg), Genth (Philadelphia), G. Grattarola* (Florenz), C. Haushofer (München), C. Klein (Heidelberg), F. Klocke (Freiburg), A. Knop (Karlsruhe), A. König (Philadelphia), N. von Kokscharow (Petersburg), H. Kopp* (Heidelberg), A. Krenner (Budapest), V. von Lang (Wien), A. von Lasaulx (Breslau), H. Laspeyres (Aachen), W. J. Lewis (London), E. Ludwig (Wien), Story-Maskelyne (London), W. H. Miller* (Cambridge), J. Müller* (Basel), C. Rammelsberg* (Berlin), G. vom Rath (Bonn), E. von Reusch* (Tübingen), A. Sadebeck* (Kiel), A. Scacchi* (Neapel), A. Schrauf (Wien), Qu. Sella* (Rom), L. Sohncke (Karlsruhe), G. Spezia* (Turin), J. Strüver (Rom), H. Topsøe (Kopenhagen), G. Tschermak (Wien), G. Ulrich* (Hannover), Uzielli* (Rom), A. Weissbach (Freiberg), V. von Zepharovich (Prag), F. Zirkel* (Leipzig). Bereits für die ersten Hefte Beiträge zugesagt haben davon G. vom Rath, A. Brezina, J. Strüver, W. C. Brögger, Ed. S. Dana, A. Knop, A. König, A. Krenner und H. Laspeyres. Vgl. Groth: Prospectus (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 6f.

36. Dies waren zunächst: E. S. Dana (New Haven, für Nordamerika); N. Story-Maskelyne und W. J. Lewis (London, für England); J. Strüver (Rom, für Italien); H. Topsøe (Kopenhagen, für Dänemark); W. C. Brögger (Christiania, für Schweden und Norwegen); M. Erofejeff (Petersburg, für Rußland); A. Krenner (Budapest, für Ungarn); V. von Zepharovich (Prag, für Böhmen). Vgl. Groth: Prospectus (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 3f.

37. Vgl. Groth: Prospectus (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 4.

38. Zur Naumannschen Kristallbezeichnung vgl. auch Wagenbreth (1981), S. 324f.

Groth hatte sich hierzu im Vorfeld der Gründung bei einer Reihe von Mineralogen und Kristallographen Rat eingeholt. **W. H. Miller** trat verständlicherweise für seine - bzw. eigentlich: **W. Whewells** (1794-1866) - Bezeichnung ein, da sie in vielen Fällen die einfachere sei:

"Crystallography is only a particular case of geometry, and there seems to be no reason why it should in any particular be treated differently. In ordinary Geometry, the axes of x and z are in the plane of the paper, and the axis of y projecting from that plane towards the observer. No man can understand the formula of Crystallography without a knowlege of analytical geometry, and consequently the fewer changes made the better. In a large number of crystals the indices are so small that it matters not whether in the notation we use the Weiss's notation or mine. Yet cases occur in which mine is much the more simple"³⁹.

Die deutschsprachigen Mineralogen und Kristallographen meldeten demgegenüber zwar vereinzelt Kritik an **Millers** Schreibweise an, tendierten aber letztlich ebenfalls zu dieser. **V. von Lang** hätte sich "sehr gewünscht daß Miller seine Bezeichnungsweise wie Weiss auf die direkten Ableitungszahlen gegründet hätte", aber dem sei "nun nicht mehr abzuhelpen". Bei der Aufzählung der Formen einer Substanz komme es ihm "nicht darauf an", **Millers** und **Naumanns** Zeichen gleicherweise zu gebrauchen, bei den Winkelangaben müsse man sich aber doch an die **Millersche** Bezeichnung halten (oder man müsse Buchstaben für die verschiedenen Flächen wählen)⁴⁰.

A. Brezina hatte sich schon 1875 und 1876 gegenüber **Groth** deutlich für die **Millerschen** Indizes ausgesprochen⁴¹. Auf **Groths**

39. Miller an Groth, 8.7.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Miller 1). Als Beispiel hierfür verwies Miller auf den Anatas (TiO₂).

40. Lang an Groth, 30.6.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Lang 3).

41. Er hätte bald vergessen, so schrieb Brezina (mit Bezug auf Groths "Tabellarische Übersicht ...", 1874) an Groth, "ein Freudengeschrei über Ihre Bekehrung zur Symmetrie der allein seligmachenden Methode zu erheben", d. h. zu Millers Methode der Kristallbeschreibung. Brezina an Groth, 1875 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 8). Entsprechend enttäuscht reagierte Brezina, als er dann 1876 in Groths "Physikalischer Kristallographie ..." doch wieder auch die Naumannsche Bezeichnung fand. Er verstehe nicht, wie Groth, nachdem er "nun schon privatim und oeffentlich die offenbare Ueberlegenheit des ganzen Miller'schen kryst.[allographischen] Verfahrens in Bezeichnung, Anwendung der Normalenwinkel Projection und Berechnung anerkannt" habe, doch offensichtlich noch nicht den "Muth" gefunden habe, "den ganzen alten Krempel mit kurz und lang, Strich rechts oben links unten und links oben etc. etc. und allem was drum und dran hängt, über Bord zu werfen". Brezina an Groth, 23.1.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 9).

konkrete Anfrage wollte er dann die **Naumannsche** Bezeichnung aber doch nicht ganz ausschließen:

"Die Benutzung der Millerschen Symbole mit dieser Modification sollte einem jeden Mitarbeiter zur Pflicht gemacht, dabei aber die Mitführung der Naumannschen in Gottesnamen als erlaubt oder erwünscht bezeichnet werden. Ich glaube auch nicht dass sich ernstlich jemand an ersteren stossen wird, ausser dem Autor der 'mineralogischen Belustigungen für Gross und Klein' oder 'beobachte keine Secunde sonst straft Dich Gott mit sphärischer Trigonometrie'⁴².

Das Ergebnis dieser Diskussion waren die folgenden, von **Groth** im *Prospectus* formulierten Richtlinien:

1. Es sollen "die Miller'schen und die Naumann'schen Zeichen als die am meisten verbreiteten, neben einander gebraucht, alle anderen aber ausgeschlossen" werden. Autoren, welche in der Regel eine der beiden verwendeten, sollten deshalb "soweit es zum Vergleich nöthig ist", die jeweils anderen Zeichen hinzufügen.
2. Die Achsen sollen durchweg in gleicher Reihenfolge bezeichnet werden, und zwar in der ältesten (**Weiß**schen) Reihenfolge; d. h. *a* ist die auf den Beobachter zulaufende Achse (Brachydiagonale im rhombischen und asymmetrischen System bei gewöhnlicher Stellung, Klinodiagonale im monosymmetrischen System), *b* (womöglich als Einheit zu nehmen) die querlaufende und *c* die vertikale Achse. Dieser Reihenfolge entsprechend wären demnach die Indizes in den **Millerschen** Zeichen zu schreiben (wie dies von einem Teil der **Millerschen** Schule auch schon so gehandhabt werde). Nur für das hexagonale System wünschte **Groth** die Benutzung der von **Bravais** vorgeschlagenen Änderung, d. h. die Angabe von 4 Indizes (*h k l i*), deren erste drei bei gleichem Vorzeichen sich auf die drei Hälften der Nebenachsen beziehen, welche 120° mit einander einschließen, während der vierte Index der Hauptaxe entspricht.
3. In den Winkelangaben schließlich seien die Normalenwinkel aufzuführen⁴³.

Ziel dieser Standardisierung der kristallographischen Bezeichnungen war vor allem, die "vielen Verwechslungen und Irrthümer", zu welchen "die bisherige Mannigfaltigkeit der Schreibarten geführt" habe (und welche so nicht zuletzt auch der "weiteren Ausbreitung des krystallographischen Studiums hinderlich" gewesen seien), auf ein Minimum zu reduzieren. Und **Groth** hoffte so, daß diese "Vorschläge im Interesse der Wissenschaft auch von Denjenigen angenommen werden, denen

⁴²Brezina an Groth, 12.6.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 10). Die von Brezina gewünschte "Modification" betraf das hexagonale System, für welches er vorschlug, statt der von Groth zunächst vorgeschlagenen "Whewell'schen Axenwal[!]" (vgl. Groth, 1874b) die Bravaissche zu verwenden (was Groth dann auch getan hat; s. u.).

⁴³. Vgl. Groth: *Prospectus* (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 4.

dadurch, ihrer bisherigen Gewohnheit gegenüber, eine geringfügige Unbequemlichkeit auferlegt wird"; auf jeden Fall behalte sich die Redaktion das Recht vor, die "nothwendige Homogeneität der Zeitschrift durch Aenderung der abweichend geschriebenen Zeichen herzustellen"⁴⁴.

Diese Forderung nach einer einheitlichen Bezeichnungsweise der Kristalle ist nun nicht nur als eine redaktionelle Richtlinie zu verstehen. Sie war vielmehr in einem weiteren Sinn der Versuch, der Kristallographie eine einheitliche 'Fachsprache' zu geben. **Groth** hatte, wie es im *Prospectus* indirekt anklingt, sehr deutlich gesehen, daß eines der Hindernisse, welches der Konstitution der Mineralogie als einer moderner Naturwissenschaft entgegenstand, das Fehlen einer solchen einheitlichen Sprache war. Dies galt zum einen hinsichtlich der Inhalte und Methoden des Faches, es galt aber vor allem bezüglich der Konstitution der Mineralogie als einer eigenständigen Disziplin⁴⁵, weshalb die ZfK eben gerade auch in dieser Hinsicht eine konstitutive Funktion haben sollte.

Zusammenfassend waren es also im wesentlichen drei Ziele⁴⁶, welche **Groth** mit der neuen Zeitschrift verfolgte:

- Forschungspolitisch, entsprechend seinem Programm von 1870, die bewußte Ausdehnung der (chemischen) Kristallographie auf alle bekannten chemischen Verbindungen, und das hieß dann vor allem: auf die künstlichen Verbindungen;
- disziplinitisch die Zusammenfassung aller diesbezüglichen Untersuchungen in einem Journal bzw. in einer eigenen Fachdisziplin, und,
- forschungs- und disziplinitisch gleichermaßen von Bedeutung, die Schaffung einer einheitlichen 'Fachsprache' der Chemischen Kristallographie.

Wie weit **Groth** diese Ziele erreicht hat, ist zum Teil schon indirekt in den vorhergehenden Kapiteln beantwortet worden. Wenn

44. Vgl. Groth: *Prospectus* (1876) (BSB-Hs: Grothiana V/1a), S. 5.

45. Die Entwicklung einer eigenständigen und damit konstitutiven 'Wissenschaftssprache' der modernen Mineralogie wäre noch eingehender zu untersuchen. Hier sei zumindest angemerkt, daß die Herausbildung einer 'gemeinsamen Sprache' überhaupt ein wesentliches Kriterium der Entwicklung einer neuen Disziplin darstellt. Vgl. exemplarisch Bungarten (1981).

46. Daß **Groth** später die Zeitschrift vor allem auch als 'Materialsammlung' für sein Hauptwerk, die Chemische Kristallographie, diente, hat er 1887 explizit gemacht. Insbesondere die reichhaltige Ausstattung der ZfK mit Abbildungen hatte das Ziel, diese später in der CK wieder verwenden zu können. Vgl. Groth: *Circular* (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1), S. 7.

etwa **Brögger** 1921 mit Bezug auf **Groths Elemente der physikalischen und chemischen Krystallographie** (1921) schrieb, daß dort die Mineralien "ja schon 'rari nantes in gurgite vasto'", d. h. "in dem Meere der künftigen chemischen Verbindungen ertränkt" seien⁴⁷, so ist damit deutlich zum Ausdruck gebracht, daß **Groth** zumindest das erste Ziel erreicht hat. Und auch ihr disziplinpolitisches Ziel hat die Zfk - wenngleich auch in einem etwas anderen Sinn, als dies von **Groth** beabsichtigt war - später erreicht, indem sie nach dem ersten Weltkrieg nicht zuletzt die Institutionalisierung der Festkörperphysik unterstützt hat (vgl. oben Anm. 2).

Im Februar 1887 faßte **Groth** selbst in einem *Circular* zum 10-jährigen Bestehen der Zeitschrift für die Leser und Mitarbeiter noch einmal deren "Grundsätze" zusammen, "welche sich im Laufe des zurückgelegten Weges immer mehr als die geeigneten erwiesen haben und daher auch in Zukunft zu befolgen sein werden". Und dabei ließ er jetzt auch deutlich werden, daß die Gründung der ZfK vor allem disziplinpolitisch eine richtige Entscheidung war:

"Im Jahre 1877 konnte vielleicht noch die Frage gestellt werden, ob es vortheilhaft sei, den Inhalt einer besonderen Zeitschrift auf die Krystallographie und auf die Mineralogie im engeren Sinne (mit Ausschluss auch der nächstverwandten geologischen Wissenschaften, wie der Petrographie) einzuschränken - heute wird diese Frage wohl für Jedermann ihre Beantwortung gefunden haben. So kurz die Spanne Zeit ist, welche uns von jenem Jahre trennt, so wichtige und zahlreiche Fortschritte unserer Wissenschaften umschliesst sie"⁴⁸.

Vor allem die "Krystallkunde" im weitesten Sinne des Wortes (d. h. die geometrische, die physikalische und die chemische Kristallographie) habe eine derartige Entwicklung gefunden, daß es nicht leicht gewesen sei, die Gesamtheit aller Forschungen auf diesem Gebiete in der Zeitschrift mit einer gewissen Vollständigkeit zu vereinigen und daneben auch allen Fortschritten in der Kenntniß der Mineralien ebenso vollständig gerecht zu werden. Daß die Zeitschrift dieses Ziel, ein "vollständiges Repertorium des Gesamtgebietes der Krystallographie und der Kenntnisse der Mineralien" zu sein, trotzdem habe erreichen können, und so - "namentlich durch ihre Verbreitung bis in die entlegensten Länder" - den "allerwärts zerstreuten Fachgenossen" in kurzer Zeit die Kenntnis der

47. Brögger an Groth, 5.12.1921 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 76); vgl. auch die Einleitung zu Kap. B. 1.

48. Groth: *Circular* (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1c), S. 3.

Fortschritte in ihrem Gebiet lieferte, verdanke sie zum einen der Vielzahl ihrer Autoren aus verschiedensten Ländern⁴⁹. Vor allem aber verdanke sie die Erreichung dieses Ziel eben der genannten "Beschränkung auf die Krystallographie und auf die Mineralogie im engeren Sinne", und im Interesse dieser Vollständigkeit glaube deshalb die Redaktion, "auch in Zukunft die Grenzen unseres Gebietes nicht erweitern zu sollen" (um so mehr, als für die angrenzenden Fachgebiete - Geologie, Petrographie usw. - "in publizistischer Hinsicht" ausreichend gesorgt sei. "Arbeitsteilung" ist das entscheidende Stichwort:

"Wir befolgen darin einen Grundsatz, welcher sich in neuester Zeit in der wissenschaftlichen Journalistik immer mehr Geltung verschafft, den der Arbeitsteilung, und wenn auch gegen diesen im Interesse der allgemeinen Beziehung der verschiedensten Wissenszweige zu einander mancherlei einzuwenden wäre, so scheint derselbe doch in der jetzigen Periode der Specialisirung aller Wissenschaften der einzig mögliche, da nur die Einschränkung des Inhaltes einer Zeitschrift auf ein bestimmtes, eng begrenztes Fach es ermöglicht, in derselben allen Fortschritten zu folgen ..." ⁵⁰.

Im Hinblick auf diesen Anspruch der Zfk, betonte **Groth** dann auch noch einmal, daß er keine 'vorläufigen Mitteilungen' für die Zfk wünsche, sondern nur endgültige Fassungen der Arbeiten; auch würden in die ZfK keine doppelten Abdrucke von anderweitig erscheinenden Arbeiten aufgenommen (eine Ausnahme bildeten allerdings fremdsprachliche Arbeiten, die auch in deutscher Sprache erscheinen sollten) ⁵¹.

Was schließlich die 'Sprache' der Kristallographen, d. h. die "krystallographischen Symbole" betraf, so bestätigte das *Circular* von 1887 die Entwicklung, die sich eigentlich schon in der ursprünglichen Diskussion von 1876 abgezeichnet hatte, daß nämlich die **Naumannschen** Indizes zugunsten der **Millerschen** aufgegeben werden sollten. Hatte **Groth** noch 1877 beide als gleichberechtigt nebeneinander gelten lassen, so wurden erstere zwar auch jetzt noch nicht explizit ausgeschlossen, die "Millerschen Zeichen" aber doch eindeutig als die geeigneteren und die deshalb eigentlich wünschenswerten angesehen, zumindest solange, "bis, etwa auf einem internationalen mineralogischen

49. Vgl. Groth: *Circular* (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1c), S. 3f.

50. Groth: *Circular* (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1c), S. 4 (Herv. B. F.).

51. Vgl. Groth: *Circular* (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1c), S. 6f.

Congress, eine gewiss freudig zu begrüßende allgemeine Einigung über die krystallographische Bezeichnung erreicht würde"⁵².

Nicht ganz so erfolgreich wie in ihren disziplinpolitischen Zielsetzungen war die ZfK als Instrument der Forschungspolitik. Dies gilt zu einen dahingehend, daß die 'naturhistorische Mineralogie' letztlich doch einen größeren Raum in der Zeitschrift einnahm, als dies in **Groths** ursprünglicher Konzeption vorgesehen war. Und auch die Mineraliensammlungen erhielten schon bald einen festen Platz in der Zeitschrift. Im Oktober 1880 lag der ZfK ein - wohl von **W. Engelmann** angeregtes, auf jeden Fall aber von ihm allein (und eben nicht von **Groth**) unterzeichnetes - Rundschreiben bei, wonach ab sofort "von dem soeben begonnenen 5. Bande ab unter der Rubrik 'kürzere Originalmittheilungen und Notizen'" auch Mitteilungen über die Neuerwerbungen der grösseren öffentlichen und privaten Sammlungen publiziert werden sollten. Der "Zweck dieser Notizen" sei es, "die Sammler mit den zur Zeit in den verschiedenen Ländern besonders in den Handel gelangenden selteneren Mineralvorkommnissen bekannt zu machen". Und diesem Zweck würde es dann auch dienen, wenn etwa nur "Anzeigen der Herren Mineralienhändler über besonders wichtige und seltene Mineralien, welche sie zu offeriren im Stande sind", ebenso "Anzeigen über krystallographische und sonstige mineralogische Apparate, optische und mikroskopische Präparate etc., sowie Anerbietungen zum Austausch von Mineralien seitens der Herren Sammler"⁵³.

Engelmanns Absicht hierbei war zweifellos, der ZfK einen größeren Leserkreis zu erschließen. Und die Einbeziehung der Interessen der Mineraliensammler steht nicht zuletzt damit im Einklang, daß **Groth** sowohl in Straßburg als auch in München die mineralogischen Sammlungen zu betreuen hatte. Allerdings kann dies eben auch als Indikator dafür gelesen werden, daß die ZfK (zumindest in den ersten Jahren) bei ihrer eigentlichen Zielgruppe - den Chemikern, Physikern und Kristallographen - zunächst doch nicht die erwünschte Akzeptanz fand, so daß doch

52. Vgl. Groth: Circular (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1c), S. 9f. (Herv. orig.). In einer Redaktionsmitteilung im Band 33 (1900) der ZfK, die u. a. wieder Anweisungen zur Kristallbezeichnung enthielt, ist dann schließlich von den Naumannschen Zeichen überhaupt nicht mehr die Rede.

53. Vgl. Engelmann: Rundschreiben (1880) (BSB-Hs: Grothiana V/1b), S. 1f.

wieder stärker auf das traditionelle Publikum einer mineralogischen Zeitschrift eingegangen werden mußte.

Auch schienen zunächst manche Autoren die ZfK als eine rein kristallographische Zeitschrift aufgefaßt zu haben. Zumindest fühlte **Groth** sich im *Circular* von 1887 bemüßigt, darauf hinzuweisen, daß zwar die ausführliche Beschreibung der Kristallform und der optischen Eigenschaften eines Körpers in die ZfK aufgenommen werde, auch wenn dessen chemische Untersuchung bereits in einer anderen Zeitschrift publiziert sei. Auf jeden Fall sollte dabei aber letztere - "da die krystallographische Untersuchung eines Körpers, dessen chemische Constitution unbekannt ist, jedes wissenschaftlichen Interesses entbehrt" - der ersteren vorausgehen, d. h. gewissermaßen vorläufige kristallographische Untersuchungen von Substanzen, deren chemische Untersuchung noch ausstehe, könnten erst recht nicht berücksichtigt werden⁵⁴.

g.

54. Vgl. Groth: *Circular* (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1c), S. 7.

1.3.2. Schüler, Freunde, Konkurrenten: Die Mitarbeiter der "Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie"

Gegenstand des vorhergehenden Kapitels waren die Gründungsphase der neuen Zeitschrift, ihr inhaltliches und redaktionelles Konzept, ihre Bedeutung für **Groths** Programm einer Chemischen Kristallographie sowie die Strategien ihrer 'Plazierung am wissenschaftlichen Zeitschriftenmarkt' gewesen. Dabei war schon implizit deren internationale Ausrichtung deutlich geworden: Die ZfK war von Beginn an als eine 'internationale Zeitschrift' konzipiert¹, und auch in dieser Hinsicht ist sie Wegbereiter einer Moderne in der Mineralogie².

Diese Stellung der ZfK im Kontext der europäischen Mineralogie erschließt sich in einem Blick auf die wesentlichen Mitarbeiter bzw. deren Arbeiten, welche die ZfK in den fünfzig Jahren, in denen **Groth** die redaktionelle Leitung hatte, getragen haben³. Einen gewissen Schwerpunkt werden dabei die mineralogischen Schulen von **W. C. Brögger** und **V. M. Goldschmidt** in Oslo, **V. Goldschmidt** in Heidelberg und die Wiener Schule unter **G. Tschermak** und **F. Becke** zu bilden haben. Die besondere Beziehung **Groth** zur skandinavischen Schule war ja bereits deutlich geworden (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.). Das Verhältnis **Groths** zu **V. Goldschmidt** bzw. zu **Tschermak** und **Becke** ist dagegen zum einen dadurch geprägt, daß sie **Groths** Konkurrenten auf dem

1. Vgl. auch Steinmetz/Weber (1938), S. 29.

2. Die 'Internationalisierung', d. h. der zunehmend internationale Charakter der Gemeinschaft der Wissenschaftler wird ja bekanntlich häufig als eines der charakteristischen Merkmale des Modernisierungsprozesses der Wissenschaften in den Jahrzehnten um 1900 genannt. Vgl. etwa Harwood (1994), S. 209.

3. Eine wesentliche Grundlage hierfür ist wieder **Groths** eigene Rückschau auf fünfzig Jahre ZfK (**Groth**, 1928). Hilfreich sind hierbei weiter die vorhandenen Register (Autorenregister, 1913; Sachregister, 1915; Ortsregister, 1931), welche allerdings bei oberflächlicher Betrachtung einen etwas verzerrten Eindruck geben können. Sie enthalten auch die unter der Rubrik "Correspondenzen, Notizen, Auszüge" stehenden Beiträge; entsprechendes gilt für die im "Circular" von 1887 gegebene Übersicht der Autoren, welche ebenfalls die Korrespondenzen und die Notizen (allerdings nicht die Auszüge) enthält. So ist etwa der französische Mineraloge **F. Gonnard** (Lyon) im Autorenregister mit fast zwei Seiten vertreten, obwohl er (abgesehen von einer kurzen Notiz) keine einzige Originalabhandlung für die ZfK verfaßt hat, während der dort in etwa dem gleichen Umfang vertretene Freiburger Mineraloge **J. Beckenkamp** seine Arbeiten fast ausschließlich original in der ZfK veröffentlicht hat.

'mineralogischen Zeitschriftenmarkt' waren. Hinzukommt, daß diese nicht - wie **Brögger** und **V. M. Goldschmidt** - bei **Groth** in Straßburg bzw. München studiert hatten und so überhaupt für unterschiedliche 'Kulturen der Mineralogie' bzw. zum Teil sehr unterschiedliche 'mineralogische Lebenswelten' standen (vgl. hierzu vor allem Kap. B. 2. 1. & B. 2. 2.).

Die eigentliche Stütze der ZfK waren immer die aus **Groths** Instituten in Straßburg und München hervorgegangenen Arbeiten. Für diese Arbeiten ein geeignetes Publikationsorgan zu schaffen, war letztlich ein nicht unwesentlicher Grund dafür, die ZfK ins Leben zu rufen⁴. Für das Straßburger Institut wären in dieser Hinsicht vor allem zu nennen die (vorwiegend chemisch-kristallographischen bzw. kristallphysikalischen) Arbeiten von **A. Arzruni** und **J. Beckenkamp** (1855-1931), von **H. Bücking** (1851-1932), der später **Groths** Nachfolger in Straßburg werden sollte⁵, und von **A. Fock** sowie für die ersten Jahrgänge auch einige Arbeiten von **P. Friedländer** (1857-1923). Besonders zu vermerken sind eine Reihe von Abhandlungen des (vor allem durch seine Untersuchungen der sogenannten flüssigen Kristalle bekannt gewordenen) Physikers **O. Lehmann**, welcher die meisten seiner frühen Arbeiten - so die Studie über *physikalische Isomerie* (1877) und eine Reihe von Arbeiten über mikroskopische Kristalluntersuchungen - in **Groths** ZfK publizierte⁶.

Entsprechendes gilt für die Zeit ab 1883 für die Arbeiten aus dem Münchner Institut. Die Gründung des mineralogischen Instituts in München fiel in die Zeit, in der die physikalische Chemie (vor allem mit **W. Ostwald**, **J. H. van't Hoff**, **A. Le Bel** u.a.) eine Entwicklung nahm, die sie auch zunehmend für die "Anschauungen über den kristallisierten Zustand der Materie"⁷ von Interesse werden ließ. Das Laboratorium in München mußte deshalb, anders noch als das Straßburger, so eingerichtet werden, daß es auch diesen neuen Forschungsinteressen bzw. Anforderungen gerecht

4. Vgl. Groth (1928), S. 6f.

5. Groth an Brögger, 1.11.1883 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

6. Lehmann hat über drei Jahre (1872-1875) das mineralogische Praktikum bei Groth in Straßburg besucht. Die "morphologische Art der Betrachtung", die er dort kennen gelernt hat, hat er später, wie er selbst berichtet, auf die "gewöhnliche chemische Analyse" übertragen. Vgl. Lehmann (1908), S. 5; zu Lehmann s. auch Kap. B. 2. 3.

7. Vgl. Groth (1928), S. 7.

werden konnte, und die hier entstandenen Arbeiten waren dann vorwiegend solche zur chemischen Kristallographie. Die Leitung des Laboratoriums hatte zunächst **W. Muthmann** (1861-1913) (von dessen Arbeiten vor allem die zur Volumentheorie der kristallisierten Körper Bedeutung erlangten), später **B. Goßner** (1877-1937), der 1925 die Nachfolge **Groths** in München antreten sollte, und im Anschluß an diesen **H. Steinmetz** (1879-?)⁸. Zu den Arbeiten aus dem Münchner Institut gehörte ferner eine frühe kristallphysikalische Untersuchung **V. M. Goldschmidts** über den Einfluß tiefer Temperaturen auf die Veränderung der Winkel an Kristallen⁹.

In München kamen dann, bedingt durch die hier erforderliche Neuordnung und Komplettierung der Sammlung - mit dem Ergebnis, so **Groth** selbst, aus dieser Sammlung die "vollständigste, qualitativ und quantitativ alle anderen übertreffende Kollektion der Mineralien des gesamten Alpengebietes"¹⁰ gemacht zu haben - eine Reihe von Arbeiten zur Beschreibung bzw. zur physikalischen und chemischen Untersuchung dieser Mineralien hinzu. Besonders zu erwähnen wären hier **E. Weinschenk** (1865-1921) mit Arbeiten über die Eigenschaften des Quarzes sowie **G. A. F. Molengraaff** (1860-?) und **A. C. Gill** (1863-1923). Weiter sind in München eine Reihe von Arbeiten über regionale Mineralvorkommen entstanden, wobei wiederum **Weinschenk** zu nennen wäre mit seinen Studien über alpine Mineralvorkommen und nicht zuletzt der Konservator der Sammlung, **Groths** ehemaliger Straßburger Assistent, **F. Grünling**¹¹.

Von den deutschen Autoren, welche nicht direkt mit den **Grothschen** Instituten in Beziehung standen, d. h. weder Mitarbeiter noch Schüler **Groths** waren, wären zunächst von der älteren Mineralogengeneration **Heinrich Leopold Fischer** (?-1886) aus Freiburg zu nennen - nach **Groth** der "Hauptbegründer der

8. Vgl. Groth (1928), S. 6f.

9. Vgl. Groth (1928), S. 8. Zu den hier genannten Arbeiten vgl. vor allem auch Kap. B. 1. 1. 2.

10. Vgl. Groth (1928), S. 8.

11. Grünling hat zahlreiche, im Zusammenhang mit der Sammlung entstandene Arbeiten betreut. Von seinen eigenen Arbeiten sind vor allem die über die Mineralvorkommen Ceylons bedeutend (insbesondere über die dortigen Fundstätten von Edelsteinen und Graphit), welche wesentlich das Ergebnis einer von Grünling im Winter 1896/97 im Auftrag der Tamnau-Stiftung in Berlin unternommenen Sammelreise nach Ceylon waren. Vgl. Groth (1928), S. 9.

mikroskopischen Erforschung der Mineralien und Gesteine"¹² -, sowie **Gerhard vom Rath** in Bonn, Schüler und Schwiegersohn von **Gustav Rose**, mit dem **Groth** seit seiner Berliner Zeit eng verbunden war. Gewissermaßen dessen Nachfolge als Mitarbeiter der ZfK trat **vom Rath's** Schüler **H. Baumhauer** (1848-1926) an, welcher alle seine Arbeiten in **Groth's** ZfK publizierte (wobei vor allem seine Arbeiten über die Ätzfiguren bekannt geworden sind).

Einen wichtigen Mitarbeiter gewann die ZfK 1886 in dem Physiker **L. Sohncke**, einem Schüler von **F. E. Neumann**, der ab diesem Jahr in München an der Technischen Universität lehrte und in der Folgezeit eine ganze Reihe von Arbeiten zur Kristallphysik bzw. zur Theorie der Kristallstruktur in der ZfK veröffentlichte¹³. Nur dem Namen nach seien zumindest genannt: **M. Websky** (1824-1886), der Nachfolger **G. Roses** in Berlin¹⁴, mit seinen Arbeiten über Kristallmessung und -berechnung, **Th. Liebisch** (1852-1922) in Berlin bzw. Breslau mit Arbeiten über geometrische Kristallographie und Kristalloptik, **H. Laspeyres** (1836-1913) - der nach **A. von Lasaulx** (1839-1886), ebenfalls einem Mitarbeiter der ZfK - **G. vom Rath's** Lehrstuhl in Bonn

12. Groth (1928), S. 10. Die Bedeuteung, die Fischers Arbeiten aus der Sicht seiner Zeitgenossen zukam, deutete auch Tschermak an, wenn er 1863 an Fischer selbst schrieb: "Die sorgfältige Untersuchung der Gesteine die bis jetzt noch sehr vernachlässigt worden, dürfte uns wohl noch sehr vieles lehren, obgleich es unsre 'Feldgeologen' nicht so bald glauben werden, denn was nicht wenigstens hausgross ist, existiert für sie nicht". Tschermak an Fischer, 7.11.1863 (UBF-GA: Archivnummer 11357). Zu Fischer vgl. auch W. Fischer (1961), S. 11.

13. Der Beginn des Briefwechsels zwischen Sohncke und Groth datiert aus dem Jahr 1876; die 17 Briefe von Sohncke an Groth aus den Jahren 1876-1897 (BSB-Hs: Grothiana X/Sohncke) konnten bisher allerdings noch nicht ausgewertet werden. Eine erste Originalabhandlung Sohnckes ("Elementarer Nachweis einer Eigenschaft parallelepipedischer Punktsysteme") erschien im Bd. 13 (1888) der ZfK. Sohncke hatte allerdings zuvor schon verschiedentlich Auszüge seiner Arbeiten für die ZfK gesandt. Groth an Sohncke, 17.6.1879 (BSB-Hs: Grothiana IX/Sohncke 1). Des weiteren hat Sohncke sich verschiedentlich bei Groth Auskünfte bezüglich kristallographischer Instrumente eingeholt, wobei Groth (verständlicherweise) seinen eigenen (zusammen mit R. Fueß konstruierten) sogenannten "Universalapparat" empfahl. Groth an Sohncke, 13.10.1883 (BSB-Hs: Grothiana IX/Sohncke 2).

14. Die Wiederbesetzung des Lehrstuhls (für den Rose selbst zunächst Groth vorgesehen hatte; vgl. Kap. B. 1. 1. 1.) mit Websky scheint nicht ganz ohne Widerstand erfolgt zu sein. Zumindest berichtete Tschermak an Groth, daß die "Art der Besetzung in Berlin .. allgemeines Staunen" erregt habe, aber "Beyrich ist nunmal zufrieden". Tschermak an Groth, 8.7.1874 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 2).

übernommen und eine Reihe von Beiträgen über kristallographische und optische Eigenschaften der Mineralien beigezeichnet hat, sowie schließlich **J. Beckenkamp** in Mühlhausen bzw. Freiburg mit Arbeiten zur Kristallphysik bzw. zu den kristallographischen Verhältnissen zahlreicher Mineralien.

Nicht unerwähnt bleiben darf schließlich **Victor Goldschmidt** (1853-1933) in Heidelberg. Das Verhältnis **Groths** zu **Goldschmidt** war nicht immer frei von Spannungen. Eine direkte Konfrontation zwischen beiden hat es zwar nicht gegeben, aber es fällt doch auf, daß gerade **Goldschmidt**, der bis 1912 (d. h. bis zum 51. Band der ZfK) - allein und später vor allem auch zusammen mit seinen Schülern und Mitarbeitern - insgesamt 78 Originalabhandlungen bzw. kürzere Mitteilungen geliefert hat, von **Groth** in seiner Rückschau auf die Geschichte der ZfK nicht genannt wird¹⁵. Eine Ursache hierfür war, daß **Goldschmidt** von beiden sicher der 'philosophischere Kopf' war, oder, soziologisch gewendet: **Goldschmidt**, obgleich etwas jünger als **Groth**, war der Wissenschaftsphilosophie des alten liberalen Deutschlands doch sehr viel stärker verhaftet geblieben als der 'moderne' preußische Hochschulprofessor **Groth** (vgl. hierzu vor allem Kap. B. 2. 2.). Hinzukommt, daß **Goldschmidt** - als der zweite international renommierte deutsche Mineraloge und Kristallograph - bis zur Jahrhundertwende letztlich der einzige ernstzunehmende Konkurrent **Groths** um die 'Führung' dieser Wissenschaften im Deutschen Reich war. Und nicht zuletzt war **V. Goldschmidt**, wenn auch nur vorübergehend, als **Groths** Konkurrent auf dem Zeitschriftenmarkt aufgetreten. Er hat sofort nach der kriegsbedingten vorübergehenden Einstellung des Erscheinens der ZfK seine eigene Zeitschrift, die *Beiträge zur Krystallographie und Mineralogie*, auf den Markt gebracht. Als die ZfK dann wieder erscheinen sollte, war er natürlich nicht sofort bereit, seine Zeitschrift wieder einzustellen, was **Groth** dann - zumindest kurzzeitig - doch um den Fortbestand seiner Zeitschrift fürchten ließ.

"Nur nach langem Bedenken", so schrieb **Goldschmidt** im Juli 1918 an **Groth**, habe er sich "zur Herausgabe dieser Zeitschrift

15. Vgl. **Groth** (1928). In seiner Geschichte der Mineralogie wird **Goldschmidt** allerdings als Verfasser "mehrerer sehr verdienstvoller kritischer Zusammenstellungen" - des "Index der Krystallformen der Mineralien" (1886-91), der "Krystallographischen Winkeltabellen" und des "Atlas der Krystallformen" (1913-23) - erwähnt. Vgl. **Groth** (1926), S. 190.

entschlossen", nachdem er nämlich erkannt habe, daß die bestehenden Zeitschriften (die ZfK, **F. Beckes Mineralogische Mitteilungen** und das *Neue Jahrbuch für Mineralogie*) "nicht im Stand waren, des in Menge zufließenden Materials Herr zu werden" und "die Autoren bis zu zwei Jahren warten mußten, bis ihre Sachen erschienen". Und "jetzt im Krieg" sei er erst recht "froh, daß die Beiträge da sind, da ja Ihre Zeitschrift ruht", und es so trotzdem möglich sei, "bei den jetzigen schweren Verhältnissen unserer Wissenschaft einiges Brauchbare zuzuführen"¹⁶. Als **Groth** dann 1919 die ZfK wieder erscheinen lassen wollte und sich hier zunächst mit dem Verlag von **Engelmann** Schwierigkeiten ergaben, bot **Goldschmidt** an, die ZfK auch bei **Winter** in Heidelberg erscheinen zu lassen, wo auch seine *Beiträge* erschienen. Und er deutete zugleich an, daß er diese vorläufig nicht einstellen wollte¹⁷. Im August 1920 hat er **Groth**s auf dessen Nachricht, daß die ZfK nunmehr wieder erscheinen werde, aber doch sehr deutlich zu verstehen gegeben, daß er an eine Einstellung der *Beiträge* vorläufig nicht denke:

"Die Nachricht, daß Ihre Zeitschrift wieder erscheinen wird, hat mich sehr gefreut, ebenso, daß Sie hierfür den sehr ausgezeichneten Prof. Niggli gewonnen haben. ... Was meine 'Beiträge' betrifft, so kann ich natürlich ohne meinen Verleger nichts beschließen + werde in Folge ihres Briefes mit demselben zu Rat gehen. ... Ich werde gern jede Gelegenheit wahrnehmen, um mit Ihnen + Prof. Niggli über die Zeitschrift zu sprechen + kann jetzt schon versichern, daß ich alles tun werde, um ein einträchtiges Zusammenarbeiten Ihrer Zeitschrift mit meinen Beiträgen zu erwirken, so lange beide neben einander bestehen. Nachdem meine "Beiträge" sich nun eingeführt + sich einen ehrenvollen Platz in der Krystallogr.[aphisch]-mineralog.[ischen] Literatur erobert haben, möchte ich dieselben ohne schwerwiegende Gründe nicht einstellen + bitte, bis auf Weiteres, mit dem Erscheinen zu rechnen"¹⁸.

1924 hat **Goldschmidt** seine *Beiträge* dann aber doch eingestellt, was nun allerdings vor allem daran gelegen haben dürfte, daß er, soweit es zu übersehen ist, seit diesem Jahr überhaupt keine mineralogisch-kristallographischen Arbeiten mehr

16. V. Goldschmidt an Groth, 1.7.1918 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 160).

17. Bis der bereits abgeschlossene Band der "Beiträge" erschienen sei, werde es "sich zeigen, wie es sich mit der Zeitschrift gestaltet hat + wie wir am besten unsere Wissenschaft mit Hilfe beider Unternehmungen fördern können". V. Goldschmidt an Groth, 3.3.1919 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 163).

18. V. Goldschmidt an Groth, 14.8.1920 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 164).

verfaßt hat (sondern eben nur noch Abhandlungen zur Naturphilosophie und zur Musiklehre)¹⁹.

Hinsichtlich der ausländischen Mitarbeiter der ZfK war bereits gesagt worden, daß vor allem die Franzosen kaum Interesse zur Mitarbeit zeigten. Im Gegensatz dazu waren die englischen Mineralogen und Kristallographen von Beginn an eine wesentliche Stütze der ZfK. Neben den bereits oben genannten Autoren (**N. Story-Maskelyne**, **W. J. Lewis**, **H. A. Miers** und **L. Fletcher**) waren es dann vor allem **A. E. H. Tutton**, **William Barlow** (1845-1934) und **W. J. Pope** (1870-1939), welche später eine Reihe von Originalabhandlungen beisteuerten. **Tutton**, ein Schüler von **Miers** - und hinsichtlich der Konzeption einer Chemischen Kristallographie gewissermaßen **Groths** englisches 'alter ego' (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.) - hat ab 1893 seine Untersuchungen über isomorphe Gruppen von Sulfaten und Selenaten vorwiegend bei **Groth** publiziert, **Pope** ebenfalls eine Reihe von Arbeiten zur chemischen Kristallographie und **Barlow** seine Untersuchungen zur Kristallstruktur²⁰. g.

Neben dieser englischen Schule waren es weiter die Mineralogenschulen Österreich-Ungarns (Prag, Wien) sowie Skandinaviens (vor allem Oslo), mit denen **Groth** Zeit seines Lebens - nicht nur hinsichtlich der ZfK - immer am engsten verbunden war. Neben dem Prager Mineralogen **Victor von Zepharovich** (1830-1890), welcher von Beginn an zu den Mitarbeitern der ZfK gehörte, sowie dessen Schüler **K. Vrba** (1845-1922), war es vor allem die Wiener Mineralogenschule unter **G. Tschermak** und später **F. Becke**, welche von Beginn an mit **Groth** und seiner Zeitschrift verbunden war. Auch die Wiener Kristallographen, vor allem **J. Grailich** und **Victor von Lang**, sowie **A. Schrauf** (1837-1897), neben **Tschermak** der zweite bedeutende Wiener Mineraloge des letzten Viertels des 19. Jahrhunderts, und dessen Schüler **R. Scharizer** (1859-1935), späterer Professor für Mineralogie in Graz, bevorzugten als Publikationsorgan für ihre Arbeiten (vorwiegend zur chemischen Kristallographie sowie zur regionalen Mineralogie) von Beginn an die ZfK. Und nicht zuletzt wäre hier der Grazer Mineraloge **Cornelio Doelter** (1850-1930) zu nennen, der 1907 die Nachfolge

19. Die einzige Ausnahme wäre ein kleiner mineralogischer Aufsatz für die Festschrift von F. Becke (1925). Vgl. Milch (1928), S. 23f. Vgl. hierzu dann auch Kap. B. 2. 2.

20. Vgl. Groth (1928), S. 15f.

Tschermaks in Wien antrat²¹. **Doelter** war auch der Herausgeber des noch von **G. Tschermak** (in Zusammenarbeit u. a. mit **Groth**) konzipierten vierbändigen *Handbuchs der Mineralchemie* (1912-31), welches als Pendant zu Groths CK gedacht war²².

Tschermak und **Becke** haben **Groth** später bei der Publikation seines Hauptwerkes, der *Chemischen Kristallographie*, nachhaltig unterstützt (vgl. auch Kap. B. 1. 1. 2.). Obwohl beide kaum Originalabhandlungen in der ZfK veröffentlichten - **Becke** nur einige kleinere kristallographische Arbeiten, **Tschermak** allein die Arbeit über die Glimmergruppe (1878/79), die Fortsetzung seiner Studien über die Silikate (s. Kap. B. 2. 1.) -, standen sie doch als die Herausgeber der zweiten bedeutenden deutschsprachigen mineralogischen Zeitschrift, **Tschermaks**

21. Doelter ist heute vor allem durch seine Untersuchungen über die zur physikalischen Chemie der Mineralien (speziell Schmelzpunktbestimmungen) bekannt. Vgl. hierzu vor allem Fischer (1971) (mit ausführlicher Bibliographie); vgl. auch Flügel (1977), passim. Mit Groth war er vor allem in dessen Straßburger Zeit in Kontakt. Er hat einige mineralogisch-kristallographische Abhandlungen für die ZfK geschrieben (vgl. etwa Doelter 1880, 1881), mit Groth vereinzelt Mineralien getauscht (u. a. für seine Arbeit über den Vesuvian; Doelter 1881) und war auch im Herbst 1879 zu einem kurzen Besuch bei Groth in Straßburg. Doelter an Groth, 11.9.1879, 8.11.1879, 9.12.1879 & 30.4.1880 (BSB-Hs: Grothiana X/Doelter 4, 6-8).

22. Den (nicht zuletzt durch den Erfolg der Grothschen CK angeregten) Plan zu diesem Werk hat Tschermak gegenüber Groth erstmals im März 1905 dargelegt: "Da die Herausgabe ihrer chemischen Krystallographie und jene der mathematischen Encyclopädie von den cartellirten Akademien gefördert wurde, so ist es nicht unwahrscheinlich dass auch andere nützliche Unternehmungen auf solche Weise unterstützt würden. Ein Werk, das nach meinem Dafürhalten ungemein erspriesslich wirken könnte, wäre eine Chemie der Minerale, eine Zusammenstellung der bisherigen Resultate bezüglich der empirischen und rationellen chem.[ischen] Zus.[ammensetzung], der synthetischen Versuche, der natürlichen Bildungsweise, der Lösungs- und Umwandlungserscheinungen etc. Ich wende mich nun zuerst an Sie mit der Anfrage, ob Sie glauben, dass die Herausgabe eines solchen Werkes, das bezüglich der Minerale eine Fortsetzung Ihrer chem.[ischen] Krystallographie wäre, wünschenswert sei, und ob die Mithilfe der cartellirten Akademien in Anspruch genommen werden könnte". Tschermak an Groth, 18.3.1905 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 56). Dazu dann auch Tschermak an Groth, 24.3.1905, 13.4.1905 & 27.10.1905 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 57, 58 & 60). Doelter dagegen scheint sich dann nicht weiter mit Groth ausgetauscht zu haben; zumindest findet sich in den mir vorliegenden Quellen hierfür kein Beleg.

Mineralogischen und petrographischen Mittheilungen, immer auch in einer besonderen Beziehung zu **Groth** und der ZfK²³.

Tschermak hatte seine *Mineralogischen Mittheilungen* seit 1871 zunächst als Beilage zum *Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt* herausgegebenen. Als sie dann ab 1878 selbständig erschienen, änderte er den Titel in *Mineralogische und petrographische Mittheilungen*, um deutlich zu machen, daß dort vor allem auch das in der ZfK ausdrücklich ausgeschlossene Gebiet der Petrographie mit berücksichtigt werden sollte. Dies war nicht nur eine 'äußerliche Maßnahme', um die friedliche Koexistenz beider Zeitschriften zu sichern, sondern es hatte durchaus auch programmatischen Charakter. Im Gegensatz zu **Groth**, der mit seiner Zeitschrift explizit die kristallographische Untersuchung der künstlichen chemischen Verbindungen fördern und vor allem auch die Physiker und Chemiker ansprechen wollte, ging es **Tschermak** darum, den Kontakt zur 'naturhistorischen Mineralogie' und den beschreibenden Geowissenschaften zu wahren²⁴. Zum Plan der neuen Zeitschrift und dem Verhältnis zu seinen *Mittheilungen* schrieb **Tschermak** im Mai 1876 an **Groth**:

"Ich bin sehr erfreut zu hören dass Sie sich der Mühe unterziehen wollen, eine mineralog.[ische] u.[nd] speciell krystallographr.[ische] Zeitschrift herauszugeben. Ich halte es ebenfalls für ein Bedürfnis, die Arbeiten krystallogr.[aphischen] Inhalts mehr gesammelt zu sehen als bisher. Der wichtigste Mitarbeiter ist freilich Rath. Für die Poggend.[orff] Annalen ist es ein grosser Gewinn, wenn das Krystallographische daraus wegbleibt und für Ihr Journal auch. Sie könnten sich vielleicht mit Pogg.[endorff] verständigen dass er Ihnen alles Krystallogr.[aphische] überlässt. Ich werde dies gern thun, weil es mir eine wichtige Erleichterung ist. ... Wenn ich Ihnen ausserdem irgend etwas nützen kann werde ich es stets sehr gerne thun, auch ein oder den anderen Aufsatz kann ich Ihnen aus den Berichten unserer Akademie

23. Becke und Groth hatten sich im Juni 1889 anlässlich einer Reise Beckes zu verschiedenen deutschen Universitäten kennen gelernt (Straßburg, Heidelberg, Bonn, Giessen, Marburg, Jena, Halle, Leipzig, Berlin), auf der Becke dann auch Groths Münchener Institut besuchte. Becke an Groth, 25.6.1889 & 10.10.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 2 & 4). Mit Tschermak war Groth seit einem Besuch in Wien im Jahr 1873 bekannt. Tschermak an Groth, 8.7.1874 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 2). 1874 hat Groth auch eine kleine Arbeit in den "Mittheilungen" veröffentlicht (Groth, 1874b). Tschermak seinerseits war im Juli 1876 bei Groth in Straßburg zu Besuch. Tschermak an Groth, 15.7.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 5).

24. Siehe in dieser Hinsicht etwa das von Tschermak hrsg. "Register" zu den Bdn. 1-10 der *Mineralogischen und Petrographischen Mittheilungen* (Wien, 1890).

senden, welche wenig gelesen werden und welche durch Ihre Zeitschrift etwas mehr bekannt würden"²⁵.

Im Gegenzug für die Überlassung der kristallographischen Arbeiten sagte **Groth Tschermak** zu, ihm seinerseits die mehr petrographischen Arbeiten aus seinem Institut zu senden²⁶. Auf eine mögliche Schwierigkeit dieser Arbeitsteilung machte **Tschermak** aufmerksam, daß nämlich nicht jeder österreichische Autor bereit sein könnte, seine Arbeiten in einer deutschen Zeitschrift zu veröffentlichen. Er könne die österreichischen kristallographischen Arbeiten natürlich nur dann für die ZfK abtreten, sofern "deren Autor es gestattet". Unlängst sei er allerdings "auf einen gestossen der eine solche Zumuthung unpatriotisch fand"²⁷. Daß dies kein Einzelfall war und auch die 'inhaltliche Arbeitsteilung' von seinen Wiener Kollegen durchaus zwiespältig aufgenommen wurde, hat **Tschermak** noch einmal im Dezember 1876 gegenüber **Groth** dargelegt:

"Ich freue mich sehr dass Ihr Unternehmen bezüglich der mineralog.[ischen] Zeitschrift glücklich heranreift und wir bald die daraus entspringenden Vorthelle geniessen werden. Bevor Sie aber daran gehen die erste Nummer auszugeben darf ich Ihnen nicht verschweigen dass meine Mitarbeiter über den Gegenstand mit mir in verschiedener Weise Rücksprache genommen haben und dabei zwei Ansichten zum Ausdrucke kommen welche ich in Kürze andeuten will. Die Einen wünschen dass ich meine Zeitschrift abgesondert vom Jahrbuch der Reichsanstalt herausgeben und etwas ausdehnen solle, an Material werde es nicht fehlen da wir in Österreich genug Mineralogen u.[nd] Krystallographen besitzen. Die Zeitschrift sollte demnach als ein Journal welches sich vorzugsweise auf die Mitwirkung von Österreichern stützt, grösser u.[nd] selbständiger werden. / Die Anderen sehen einen Übelstand darin dass nunmehr zwei deutsche mineralog.[ische] Journale bestehen wollen. Das eine werde das andere behindern da eine Theilung in min.[eralogische] und in petrogr.[aphische] Ziele nicht durchführbar sei. Die Zersplitterung der Litteratur werde künftig nicht behoben sondern vielleicht vermehrt werden. Eine Vereinigung beider Unternehmen sei anzustreben und ich solle

25. Tschermak an Groth, 8.5.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 4). Er sei natürlich auch damit einverstanden, daß Groth sich etwa an A. Brezina und E. Ludwig wegen der Referate wende. Groth konnte so auch schon im September an Brögger in Oslo schreiben, daß die Petrographie in der ZfK weitgehend ausgeschlossen bleiben sollte, da "Tschermak's mineralogische Mittheilungen in Zukunft diesen Theil der Geologie besonderes cultivieren wird, und die krystallogr.[aphischen] Arbeiten aus Oesterreich auch an mich kommen werden". Groth an Brögger, 13.9.1876 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

26. Tschermak an Groth, 21.10.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 7).

27. Tschermak an Groth, 21.10.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 7).

Ihnen dies nahelegen. Da Sie in Strassburg so wie wir in Wien Kräfte für Mineralogie wie für Petrographie besitzen, werde die gemeinsame Redaction leicht sein. Ich habe gegen letzteres geltend gemacht dass Sie kaum die Absicht haben werden auf einen solchen Vorschlag einzugehen doch glaube ich Ihnen die angeführten Äusserungen meiner Collegen nicht vorenthalten zu sollen. Ich habe fürs nächste Heft zwei krystallograph.[ische] von Becke über Zinnerz von Helmhacker über Gold bereit liegen und würde Sie ihnen sehr gern abtreten aber beide Autoren wünschen ausdrücklich die Aufnahme in die Mittheilungen"²⁸.

Diese 'nationalen Gegensätze' waren so eine Mitursache dafür, daß sich die geplante 'inhaltliche Arbeitsteilung' - die Mineralogie und vor allem die Kristallographie bei **Groth**, die Petrographie/Petrologie bei **Tschermak** - zunächst nicht durchgehend verwirklichen ließ²⁹. Es bestanden also zunächst zwei mineralogische Zeitschriften - eine österreichische und eine deutsche - nebeneinander. Dabei hatte dann allerdings doch **Groths** Zeitschrift von Beginn an das bestimmtere Konzept, und vor allem hatte er es verstanden, sich von Beginn an die Mitarbeit nahezu aller bekannten Mineralogen seiner Zeit zu sichern. **Tschermak** beschrieb diese Entwicklung indirekt. Er beklagt sich, daß die *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, wohl aus "Mangel an Material", petrographische, chemische und mineralogische Arbeiten aufnehme, während eigentlich geologisches darin wenig zu finden sei. Dadurch entginge seinen *Mittheilungen* viel Material. **Groths** Zeitschrift hingegen sei "musterhaft redigiert" und er habe "Material in Fülle"³⁰.

28. Tschermak an Groth, 8.12.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 8).

29. Es war schon hinsichtlich der (fehlenden) Mitarbeit der französischen Mineralogen darauf aufmerksam gemacht worden, daß der konkrete Autorenstab bzw. der Inhalt der ZfK - zumindest implizit - auch von nationalen Gegensätzen beeinflusst wurde. In diesem Sinne schrieben auch Steinmetz/Weber, daß das größte Hindernis bei dem Ziel, eine möglichst vollständige Erfassung aller einschlägigen Arbeiten zu erreichen, neben der "sprachlichen Schwierigkeit", in "völkischer Eigenart" bestanden habe. Vgl. Steinmetz/Weber (1938), S. 30. Wenngleich dies im Falle der österreichischen Beiträge doch eine geringere Rolle spielte, so bestimmte sich das Verhältnis der "Mittheilungen" zur ZfK eben auch darin, daß die ersteren von einer Reihe von Autoren als die 'spezifisch österreichische Zeitschrift' im Gegensatz zur 'deutschen (preussischen) ZfK' verstanden wurden. (Zu diesem 'österreichischen Nationalismus' und seiner Bedeutung für die Wiener Mineralogie vgl. dann auch Kap. B. 2. 1.).

30. Tschermak an Groth, 25.12.1879 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 18). Eine Mitursache für diese Entwicklung, die offensichtlich schlechte Beschäftigungslage der österreichischen Mineralogen, hat einige Jahre später wiederum Tschermak beschrieben: "Wir haben in Österreich eine grosse Zahl junger Mineralogen und keine Stellen für dieselben. Dadurch wird meine Lehrthätigkeit sehr eingeschränkt, weil ich keinen Jüngling mehr animiren darf, um keinen unglücklich zu machen". Tschermak an

Es wurde also rasch klar, daß die *Mittheilungen* auf Dauer nicht gegen die ZfK bestehen konnten. Und so war dann das Verhältnis bzw. die inhaltliche Arbeitsteilung zwischen beiden auch wieder ein Problem, als im Jahr 1889 bzw. ab Band elf (1890) **F. Becke** die Redaktion bzw. die konzeptionelle Umgestaltung der *Mittheilungen* übernahm, wobei **Groth** einer der wesentlichen Ansprechpartner **Beckes** war³¹.

Im Oktober 1889 legte **Becke Groth** ein erstes Konzept zur Arbeitsteilung zwischen den *Mitteilungen* und der ZfK vor, welches im wesentlichen darauf hinaus lief, die Petrographie in den *Mitteilungen* mehr zu betonen bzw. die Kristallographie ganz auszuschließen (wobei dann auch deutlich wird, daß **Groth** seinerseits - wie eben auch schon gegenüber **Tschermak** - auf eine solche Trennung hinzuwirken versucht hat):

"Die Umwandlung die Sie bei den 'Mitth.[eilungen]' wünschen, dürfte sich wahrscheinlicher Weise ganz von selbst vollziehen. Ich werde, bis das erst im Inhalt noch mehr zur Geltung kommt als bis jetzt, auch keinen Anstand nehmen den Titel entsprechend zu ändern. Vorläufig stehen die Dinge noch so, dass die einlaufenden petrographischen Arbeiten das Journal nicht füllen. Um übrigens jetzt schon die später möglicher- und wahrscheinlicher Weise eintretende vollkommenere Arbeitstheilung einzuleiten, werde ich in Zukunft rein krystallographische Arbeiten namentlich an künstlichen Krystallen Ihnen zusenden"³².

Becke sah auch (in Anlehnung an die ZfK) Referate bzw. einen "jährlich erscheinenden zusammenfassenden systematischen

Groth, 18.3.1887 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 20). Im Deutschen Reich dagegen hatte sich seit Groths Beschreibung der wenig günstigen Situation im Jahr 1870 (vgl. Kap. B. 1. 2.) die Lage durch die Einrichtung neuer Lehrstühle deutlich verbessert.

31. Becke berichtete Groth zuerst im Oktober 1889 von der geplanten Änderung: "Tschermak hat schon früher die Absicht ausgesprochen, sich von der Redaction zurückzuziehen; nun wurde die Absicht ausgeführt und vom 11. Band werde ich die Redaction übernehmen. Ich würde mich glücklich schätzen, wenn Sie, geehrter Herr Professor, die freundlichen Beziehungen die bis jetzt zwischen den Leitern der 'Mitth.[eilungen]' und der 'Zeitschr.[ift] f.[ür] Kryst.[allographie]' bestanden, auch unter den neuen Verhältnissen aufrecht erhalten wollten". Becke an Groth, 10.10.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 4). Groth hat Becke dann im Folgenden vor allem bei der (in der ZfK ja vorbildlichen) "Organisation des Referat-Dienstes" beraten. Becke an Groth, 14.5.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 14).

32. Becke an Groth, 25.10.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 5). Diese Arbeitsteilung war dann natürlich auch so gedacht, daß die in München entstehenden mehr petrographischen Arbeiten in die "Mittheilungen" kommen sollten. Becke an Groth, 28.12.1890 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 7).

Literaturbericht" der neuesten petrographischen Literatur vor, wobei für ihn die Schwierigkeit gegenwärtig vor allem darin bestehe, diese Literatur in seiner derzeitigen Wirkungsstätte Czernowitz [heute: Cernivcy, Ukraine] überhaupt zu erhalten. Sofern er "dieselbe nicht durch freundliche Zusendung der Autoren erhalte", lerne er sie eigentlich immer erst durch das *Neue Jahrbuch für Mineralogie* kennen³³.

Die geplante inhaltliche Arbeitsteilung erwies sich allerdings rasch als problematisch: Es habe sich gezeigt, daß das "Gebiet der Petrographie zu eng ist um allein eine Zeitschrift zu tragen", weswegen die *Mittheilungen* dahingehend reformiert werden sollten, auch "allgemeine Geologie" mit aufzunehmen. Die geplante Neuordnung hat **Becke** vor allem auch mit **H. Rosenbusch** und **F. Zirkel** besprochen; neue Mitarbeiter für die Referate (u. a. **E. Weinschenk** und **Brögger**) sollten gewonnen werden³⁴. Ein weiteres Problem stellte sich darin, daß die neue Zeitschrift als "Erbin der *Mittheilungen* auftreten" sollte, was aber mit einem neuen Verleger eventuell Schwierigkeiten bereiten würde³⁵. Im Frühjahr 1893 stellte **Becke** den Termin "Anfang 1894" für das Wiedererscheinen der *Mittheilungen* in Aussicht. Gegen "die Aufnahme gewisser Capitel wie Oberflächen-Geologie, Glacial-Geologie - auch Erzlagerstätten" hätte sich "mehrfach Opposition geltend" gemacht. Bei ersteren sei dies auch einsichtig, da sie mit dem "haupt.[sächlichen] Inhalt Petrographie nur lose zusammenhängen". Die "Erzlagerstätten" wollte er allerdings für die *Mittheilungen* retten. Sie fänden jetzt zwar auch in der neuen (1893 gegründeten) *Zeitschrift für praktische Geologie* ihre Behandlung, seien aber "so eng mit Fragen der Petrogenese

33. Becke an Groth, 25.10.1889 & 26.1.1890 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 5 & 6). Etwas besser gestalteten sich diese Bedingungen für Becke, nachdem er zum Wintersemester 1890 - nicht zuletzt (wie er selbst vermutete) Dank der nachhaltigen Unterstützung Groths - nach Prag berufen worden war. Becke an Groth, 28.12.1890 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 7).

34. Hierbei wurde Becke auch wieder von Groth unterstützt. Groth berichtete Brögger im Dezember 1892 über den Plan, "an Stelle von Tschermak's *Mittheilungen* ein neues grosses Journal für Petrographie mit Referaten zu setzen", wobei dessen "Mitwirkung" dann "natürlich sehr erwünscht wäre". Groth an Brögger, 22.12.1892 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

35. Becke an Groth, 29.11.1892 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 12).

verbunden, dass ich nicht gerne auf sie verzichten möchte"³⁶. Im Mai 1894 berichtete **Becke Groth** dann über den vorläufigen Ausgang der Diskussion um die inhaltliche Konzeption:

"Die Reform-Angelegenheit hat inzwischen Fortschritte gemacht, auch schon eine scharfe Krise bestanden. Bezüglich der Ausdehnung des Programmes bestand zwischen Rosenbusch und meinen übrigen Correspondenten ein arger Zwiespalt. Er ist nun beigelegt in dem Sinne, dass als Programm der Zeitschrift Gesteinskunde im weitesten Verstande feststeht, eine weitere Ausdehnung des Programms ins rein historisch-geologische und stratigraphische der zukünftigen Entwicklung überlassen wird"³⁷.

Eine "schlimme Sache" sei es allerdings, daß **Zirkel** "zu einem öffentlichen mitthun nicht zu bewegen" war; er habe ihm überhaupt abgeraten, "etwas zu ändern". **Zirkels** ablehnende Haltung habe es auch unmöglich gemacht, "die Namen Tschermak und Rosenbusch auf's Titelblatt zu setzen", da jeder "dann sofort auf eine Parteistellung der Zeitschrift schließen" würde³⁸.

Das Ergebnis dieser Auseinandersetzungen war, daß die konzeptionelle Umarbeitung der *Mitteilungen* nur bedingt gelungen ist, d. h. die neue Form der Zeitschrift unterschied sich letztlich nicht wesentlich von den alten *Mitteilungen*. Die Zeitschrift gewann ihre Identität eher als 'österreichisches Gegenstück' der ZfK oder des *Neuen Jahrbuchs*, weniger durch eine bestimmte inhaltliche Konzeption. Der ursprüngliche Plan, die *Mitteilungen* als spezifisch petrographisch/petrologische Zeitschrift zu profilieren, hatte sich als - zumindest vorläufig - nicht durchführbar erwiesen. Einige der konkreten Gründe hierfür waren im Vorhergehenden deutlich geworden. Die genauere Darstellung der weiteren Entwicklung der *Mitteilungen* muß jetzt allerdings einer eigenen Studie vorbehalten bleiben.

Abschließend sei aber doch zumindest auf zwei Faktoren aufmerksam gemacht, die **Beckes** Versuch der Neukonzeption der *Mitteilungen* von **Groths** Programm der ZfK unterschieden. Hinter **Groths** ZfK stand mit der Chemischen Kristallographie ein explizites Forschungsprogramm, und zwar ein Forschungsprogramm, welches **Groth** selbst vor allem auf **Mitscherlich** zurückführte,

36. Becke an Groth, Frühjahr, 1893 [o. genaues Datum] (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 13). Eine praktische Schwierigkeit bei den Erzlagerstätten war dann allerdings, daß A. W. Stelzner (1840-1895), einer der renommiertesten Vertreter der Erzlagerstättenkunde, ihm auf seine Anfrage, als Referent tätig zu werden, "leider" einen "Korb gegeben" habe.

37. Becke an Groth, 14.5.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 14).

38. Becke an Groth, 14.5.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 14).

welches also bereits über eine gewisse Tradition verfügte. Gleiches galt für die von **Groth** programmatisch betonte Untersuchung künstlicher chemischer Verbindungen. Auch hier konnte er auf eine bereits bestehende Praxis zurückgreifen. Ein zweiter Faktor war, daß **Groth** sich mit seinem Journal bewußt auch an die Chemiker und die Physiker gewandt hat, und eben nicht allein an die 'klassischen Mineralogen'. Beides war bei **Becke** nicht der Fall: Weder stand hinter den *Mitteilungen* ein explizites Forschungsprogramm, noch läßt sich der Versuch erkennen, neben den Geowissenschaften etwa auch die Physik und die Chemie bzw. vor allem die neue physikalische Chemie anzusprechen. **Groths** Konzeption der ZfK läßt sich (im Sinne der zu Beginn von Kap. B. 1. skizzierten Modernisierungsmodelle) als 'integrierende Modernisierung' beschreiben: Er hat äußerlich den Rahmen der klassischen Mineralogie aufrechterhalten, hat aber in diesem Rahmen eine "moderne Mineralogie" zu etablieren versucht. **Beckes** Umbau der *Mitteilungen* läßt sich dagegen nicht als wirkliche Modernisierung verstehen, auch nicht als 'integrierende Modernisierung'. Seine Bestrebungen gingen zunächst nur dahin, die *Mitteilungen* gewissermaßen inhaltlich, d. h. als 'rein petrographische' Zeitschrift zu konzipieren. Später sollten die *Mitteilungen* dieses Ziel allerdings dann doch noch zumindest teilweise erreichen, allerdings in einer etwas anderen Art und Weise, als **Becke** sich dies zunächst vorgestellt hatte: 1930 wurde die Zeitschrift unter ihrem angestammten Titel als Abteilung B. (Petrographie und Mineralogie) der ZfK angegliedert (s. u.).

Hinsichtlich der skandinavischen Länder war nun die zentrale Figur der zunächst in Stockholm und dann in Christiania (Oslo) tätige norwegische Mineraloge **W. C. Brögger**, Lehrer von **J. H. L. Vogt** (1858-1932)³⁹, **V. M. Goldschmidt** und vielen anderen

39. Groth und Vogt standen vor allem durch den Tausch von Mineralien für ihre jeweiligen Sammlungen in Beziehung; dazu etwa Vogt an Groth, 21.5.1897, 9.1. & 2.6.1911, 2.11.1912 (BSB-Hs: Grothiana X/Vogt 6 & 9-11). Vogt war auch im April 1896 für einige Wochen zu einem "Studienaufenthalt" bei Groth in München und dann noch einmal zu einem kurzen Besuch im Jahr 1920. Vogt an Groth, 29.3. & 3.5.1896, 17.7. & 22.12.1920 (BSB-Hs: Grothiana X/Vogt 4-5 & 12-13). Allerdings galt Vogts Interesse von Beginn an der Petrographie und der Lagerstättenkunde (und eben nicht der Chemischen Kristallographie), so daß von ihm letztlich auch keine Originalabhandlung in der ZfK erschienen ist.

skandinavischen Mineralogen und Petrographen⁴⁰. Von dem Plan der Zeitschrift hat **Groth Brögger** im Juli 1876 in Kenntnis gesetzt, und sein Brief sei hier, stellvertretend für viele ähnliche Schreiben im Vorfeld der Gründung der ZfK, etwas ausführlicher zitiert:

"Gestatten Sie mir, Sie mit einem Plan bekannt zu machen, für welchen mir Ihre Mitwirkung von großem Werth wäre. Ich beabsichtige, vom 1. Jan. 1877 ab, unter Mitwirkung von G. vom Rath (welcher deshalb auch an Sie schreiben wird), Tschermak, von Lang, Topsøe u. [nd] vielen andern Fachgenossen ein großes speciell Journal für Krystallographie und Mineralogie herauszugeben. Da die Kryst.[allographie] bisher noch kein eigenes Journal besitzt, so sind die betreffenden Arbeiten entweder in solchen Zeitschriften veröffentlicht, deren Hauptgegenstand die Geologie bildet, oder in den verschiedensten, physikalischen, chemischen und Gesellschaftsjournalen zerstreut. Dieselben sollen nun möglichst vereinigt werden, und haben die hervorragendsten Krystallographen und Mineralogen in Deutschland, Oesterreich, Italien, Frankreich, England und Nordamerika ihre Mitarbeiterschaft erklärt. Um nun aber die specielle Mineralogie und Kryst.[allographie] ganz vollständig in die Zeitschrift zu bringen, sollen von allen anderswo erscheinenden Arbeiten möglichst schnelle Auszüge gebracht werden. Für diese Referate haben sich bereits Correspondenten erboten aus Nordamerika, England, Italien und Dänemark (Topsøe); es fehlen aber noch Schweden und Norwegen. Da Sie nun jedenfalls alle einschlagenden Arbeiten dieser Länder lesen, so möchte ich mir die Anfrage an Sie erlauben, ob Sie von denjenigen, welche nicht zugleich deutsch erscheinen, ein Referat an mich in deutscher Sprache senden wollen, und ob Sie Ihre eigenen Arbeiten, wenigstens im Auszug, der neuen

40. Brögger selbst hat seine Beziehung zu Groth und zur deutschen Wissenschaft (womit dann vor allem auch sein zweiter wesentlicher deutscher Lehrer, H. Rosenbusch, gemeint ist) rückschauend 1921 so zusammengefaßt: "Ich habe in jungen Jahren meine grundlegende Ausbildung in Deutschland empfangen, meine wichtigsten Arbeiten habe ich später in deutscher Sprache und z. T. in deutschen Zeitschriften publiziert, und ich werde nie vergessen, wie viel ich deutscher Wissenschaft zu verdanken habe". Brögger an Groth, 5.12.1921 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 75). Zu Groths Beziehung zur norwegischen Schule der Mineralogie sei vor allem verwiesen auf den gegenwärtig in Vorbereitung befindlichen Band W. C. Brögger/V. M. Goldschmidt/P. von Groth/J. H. L. Vogt: Ausgewählte Briefe (1876-1926). Herausgegeben, eingeleitet und kommentiert von Bernhard Fritscher (Mit einem Beitrag von Geir Hestmark). Der Band wird ausgewählte Briefe aus der Korrespondenz Groths mit W. C. Brögger, V. M. Goldschmidt und J. H. L. Vogt enthalten (neben den Briefen Bröggers, Goldschmidts und Vogts an Groth aus dessen Nachlaß in der Bayerischen Staatsbibliothek auch Briefe Groths an Brögger und V. M. Goldschmidt, welche sich in der Universitätsbibliothek in Oslo bzw. im Staatsarchiv in Trondheim befinden). Zum Werk Bröggers vgl. dann vor allem auch V. M. Goldschmidt (1940); Holtedahl (1940).

Zeitschrift zur Publikation übergeben wollen. Nach dem Plan der Zeitschrift sollten in die Referate aufgenommen werden (ebenso natürlich in die Originalabhandlungen): gesammte specielle, krystallogr.[aphische] und chemische Mineralogie; Notizen über Vorkommen von Mineralien, welche etwa in geolog.[ischen] Arbeiten verstreut sind; Bestimmungen der Krystallformen von künstlichen Krystallen (aus chemischen Zeitschr.[iften]; Forschungen über Zusammenhang zwischen Krystallform und chemischer Constitution; physikalische Krystallographie. Obgleich ich glaube, daß die Zahl der Arbeiten in diesem Gebiete nicht sehr groß ist, möchte ich Sie doch bitten, falls Sie nicht die Zeit haben sollten, dieselben ganz zu übernehmen (was mir indeß sehr lieb wäre), für Betheiligung eines Ihrer Landsleute mir Ihre freundliche Unterstützung zu leihen. Ueberhaupt würde ich Ihnen sehr dankbar sein, wenn Sie für die Verbreitung des neuen Unternehmens in Schweden, besonders bei den Mineralogen und Chemikern, thätig sein wollten; auf das Interesse der letzteren hoffe ich besonders, da die ganze chemische Krystall.[ographie] aufgenommen wird, und da ihnen doch daran liegen muß, einen Ueberblick über die gesamten Fortschritte der Mineralogie in einer einzigen Zeitschrift zu erhalten. In Deutschland interessieren sich selbst die organischen Chemiker für die Sache"⁴¹.

Bröggers Antwort war positiv. Er "glaube gewiss, das[!] in dem kleinen norwegischen, wie in dem grösseren schwedischen Kreise von Fachgenossen die Unternehmen in jeder Hinsicht auf Unterstützen[!] rechnen darf". Vor allem erwartete er sich davon ein weiteres Bekanntwerden "der Leistungen für uns, welche eine wenig gelesene und schwierig verständliche Sprache schreiben", d. h. eben für die Abhandlungen in norwegischer und schwedischer Sprache. Er werde also gerne "unter Landsleuten und schwedischen Freunden möglichst viel für diese Sache ...wirken", und er wolle deshalb auch die Referate übernehmen. Seine einzige Sorge war, daß er "leider ... noch ein schlechtes Deutsch" schreibe⁴².

Nachdem **Brögger** auch schon für den ersten Band der Zfk eine Originalarbeit beigesteuert hatte⁴³, sandte er im April 1877 seine ersten Referate. Von da ab war er bis einschließlich Juni 1885 als Referent der ZfK für die skandinavischen mineralogischen und kristallographischen Arbeiten tätig⁴⁴ (welche Aufgabe

41. Groth an Brögger, 31.7.1876 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298) (Herv. orig.).

42. Brögger an Groth, 7.8.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 1).

43. Vgl. Brögger/vom Rath (1877).

44. Groth hatte schon im Mai, nachdem Brögger längere Zeit mit versprochenen Referaten im Rückstand war, angefragt, ob Brögger "das Referiren für die Zeitschrift aufgegeben" habe. Groth an Brögger, 15.5.1885 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Einen Monat später bestätigte ihm Brögger, zusammen mit einer letzten Sendung von Referaten, diese Befürchtung: Er wolle die "Referate für die Zeitschrift ... ungern fortsetzen"; er habe "jetzt für sämtliche bis jetzt erschienen[!] Ba[!]nde der Zeitschrift referirt" und er dürfe wohl behaupten (und damit hat er durchaus recht), "dass

anschließend einige seiner Schüler weiterführten⁴⁵). **Brögger** hat weiter im Sommer 1878 bei **Groth** studiert, nachdem er bereits im Frühjahr 1877 zu einem kurzen Besuch in Straßburg war⁴⁶. 1890 schließlich lieferte **Brögger** mit seiner Arbeit über die *Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite*, welche als Band sechzehn der ZfK erschien, den - nicht nur quantitativ - umfangreichsten aller überhaupt in der ZfK erschienenen Beiträge bzw. den gewissermaßen einzigen 'Sonderband'. Die Entstehungsgeschichte dieses Werkes ist ein Kapitel für sich: Sie begann 1877 und zog sich, mit Unterbrechungen, dann bis 1890⁴⁷. Einer der Gründe für diesen

kaum für andere Länder mehr sorgfältig alles, was in diesen Jahren seit 1877 erschienen ist, referiert worden ist", als er es für Skandinavien gemacht habe. Es sei also sicher nicht unberechtigt, wenn einmal "Andere jetzt die Referate übernehmen". Brögger an Groth, 15.6.1885 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 31).

45. Dies waren zunächst C. Morton und dann H. Bäckström in Stockholm. Beide haben Groth allerdings immer wieder Anlaß zur Klage gegeben (wegen unpünktlicher Anlieferung der Referate, sachlicher Fehler usw.). Dazu etwa Groth an Brögger, 19.11.1885 & 20.1.1894 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

46. Über seinen Aufenthalt in Straßburg schrieb Brögger dann im Oktober 1878: "Erstens muss ich meinen Brief mit dem Aussprechen meines herzlichsten Danks für Ihre grosse Freundlichkeit während meines Aufenthalt in Strassburg anfangen; die Zeit wird mir immer unvergessbar sein, und ich weiss sehr wohl, dass wenn ich als entfernter Möglichkeit hoffen darf, einmal krystallographisch etwas arbeiten zu können, dann bin ich Ihnen alles schuldig, weil Sie alle meine Anfängerdummheiten so gemüthlich und freundlich geduldet haben. Also kurz und gut: ich bin Ihnen ernst und herzlich dankbar, und hoffe ich einmal Ihnen hier in Norwegen dieselbe Gastfreundschaft zeigen zu können, die Sie mir in Strassburg gezeigt haben". Brögger an Groth, 26.10.1878 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 4). Zu Bröggers Aufenthalt in Straßburg siehe auch Brögger an Groth, 26.4.1877 & 17.6.1878 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 2 & 3). Groth an Brögger, 8.11.1878 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Rosenbusch an Groth, 16.3.1878 (BSB-Hs: Grothiana X/Rosenbusch 8).

47. Eine Arbeit über den "Zirkonsyenit und die Mineralien desselben" hat Brögger erstmals 1877 gegenüber Groth erwähnt. Brögger an Groth, 26.4.1877 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 2). Systematisch untersucht hat er den "Syenitdistrict" dann spätestens seit Sommer 1878. Brögger an Groth, 26.10.1878 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 4). Eine entsprechende größere Abhandlung hatte Brögger dann spätestens seit 1880 in Vorbereitung. Brögger an Groth, 10.12.1880 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 13). Die Entstehungsgeschichte des Werkes selbst zog sich dann über mehrere Jahre hin, und sie ist im Briefwechsel ausführlich dokumentiert. Im März 1889 konnte Brögger Groth mitteilen, daß das Manuskript nun wirklich in zwei oder drei Monaten endgültig abgeschlossen sein werde, und im Herbst waren dann auch alle weiteren (finanziellen, technischen u. a.) Probleme so weit geklärt, daß endgültig mit dem Druck begonnen werden konnte. Brögger an Groth, 2.3.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 43). Groth an Brögger, 27.7.1889 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

langen Zeitraum war **Bröggers** schlechter Gesundheitszustand. Immer wieder mußte er **Groth** mitteilen, daß er krank gewesen sei, und sich die Arbeiten an seinem Werk deshalb wieder verzögert hätten. So wies er im Juli 1889, als er endlich das fertige Manuskript des speziellen (mineralogischen) Teiles senden konnte (was noch fehlte war ein geologischer Teil, welcher als allgemeine Einleitung vorangestellt werden sollte⁴⁸), daß dieser "ein Selbständiges für sich" bilde und deshalb - im Falle, daß er "sterben sollte, ehe das Manuskript endlich abgeschlossen ist" - notfalls auch selbständig gedruckt werden könnte⁴⁹. Als **Groth** dann endlich im März 1890 auch den letzten (geologischen) Teil des Manuskriptes in Händen hatte, konnte er auch ein abschließendes Urteil über die Arbeit fällen. Der geologische Teil habe ihn eigentlich noch weit mehr interessiert, als der spezielle (mineralogische), und er kenne "in der ganzen mineralog.[ischen] Literatur keine Arbeit⁵⁰., welche mit dieser verglichen werden kann"⁵⁰.

Neben **Bröggers** Tätigkeit als Referent für die ZfK und seiner Arbeit über die Mineralien der Syenitpegmatitgänge, war es weiter

48. Dieser Teil sollte "die geologischen Verhältnisse der Gänge, ihre Beziehungen zu dem umgebenden Gestein, die Eintheilung der Gänge in verschiedenen[!] Haupttypen, die Studien über die Krystallisationsfolge und die verschiedenen Stadien der Gangbildung, die Gangstruktur, Bemerkungen über die Vorkommnisse etc. etc. etc. enthalten". Brögger an Groth, 21.7.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 47).

49. Brögger an Groth, 21.7.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 47). In dem Schreiben hat Brögger Groth auch gebeten, "das Manuskript so lange es noch nicht fertig gedruckt ist für eine passende Summe z. B. 12000 RM, auf meine Kosten assuriren zu lassen"; er habe "einen[!] nervösen Angst davor, dass ein Unglück damit geschehen soll". Hier konnte Groth ihn aber beruhigen: "Wegen der Sicherheit des Mscr. dürfen Sie ganz ruhig sein! Ich nehme es nicht in meine Wohnung, sondern behalte es in meinem Instituts Arbeitszimmer [in der sogenannten "Alten Akademie" in der Neuhauser Straße in München; B. F.], welches fern vom Laboratorium über gewölbten Räumen (feuersicher!) ist und wo in dem ganzen Flügel des Hauses jetzt kein Licht gebrannt wird und ausserdem wegen der kostbaren Sammlungen (ueber mir Münzsammlung mit 3 Millionen!) die ganze Nacht Feuerwache ist". Groth an Brögger, 27.7.1889 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

50. Groth an Brögger, 4.3.1890 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298). Ähnlich urteilte F. Becke über den berühmten Band sechszehn der ZfK: "In den letzten Wochen habe ich mit grossem Genuss den XVI Band der Zeitschrift f.[ür] Krystallographie durchstudirt. Das ist wirklich ein grossartiges Werk, man mag die reiche Fülle von genauen Beobachtungen oder die theoretischen Anregungen ins Auge fassen, die sich nach den verschiedensten Richtungen dem Leser darbieten". Becke an Groth, 28.12.1890 (BSB-Hs: Grothiana X/Becke 7).

der Tausch von Mineralinen, der ihn mit **Groth** verband. Beide hatten ja - zunächst in Stockholm bzw. Straßburg, dann in Oslo bzw. München - auch die jeweiligen mineralogischen Sammlungen zu betreuen, wobei **Brögger Groth** mit norwegischen Mineralien 'versorgte' und dieser ihm im Austausch vor allem (in seiner Münchner Zeit) alpine Mineralien verschaffte. Und daß **Groth** schließlich auch gerade in **Brögger** einen Mitstreiter für sein Konzept der Chemischen Kristallographie bzw. seinen Begriff der Morphotropie gefunden hat, war bereits dargestellt worden (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.).

Ebenso wie die Beziehung **Groths** zu **Brögger**, war auch diejenige zu dessen Schüler **V. M. Goldschmidt** in mehrfacher Hinsicht eine besondere. Dies gilt zunächst dahingehend, daß **Goldschmidt** derjenige war, der das **Grothsche** Programm der Chemischen Kristallographie allererst eingelöst - damit zugleich aber auch aufgelöst - hat, und wohl an keinem Beispiel läßt sich die Kontinuität und zugleich der Bruch zwischen der klassischen und der modernen Mineralogie so deutlich machen, wie im Vergleich zwischen **Groth** und **V. M. Goldschmidt** (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.). Ausgezeichnet war die Beziehung **Groths** zu **V. M. Goldschmidt** weiter dadurch, daß **Groth Goldschmidt** von Beginn an als Mitarbeiter umworben hat und ihn später auch gerne als seinen Nachfolger nach München geholt hätte.

Groth war zuerst durch **Hiortdahl** auf **Goldschmidt** aufmerksam geworden. Dieser hatte ihm im September 1907 die Arbeit eines jungen Schülers gesandt hat, "von dem wir viel gute Arbeit hoffen können", dem "Sohne meines Collegen" (**Heinrich Goldschmidt**)⁵¹. **Goldschmidt** hat dann 1908 noch einige weitere kleinere Arbeiten für die ZfK gesandt, und in diesem Jahr beginnt auch der lebenslange Briefwechsel mit **Groth**. Persönlich kennen gelernt haben beide sich im Sommer 1910 anlässlich eines Aufenthaltes von **Groth** in Norwegen⁵². Ein erstes Angebot, in München zu arbeiten,

51. Hiortdahl an Groth, 3.12.1907 (BSB-Hs: Grothiana X/Hiortdahl 35). Hiortdahl war einer der ersten Lehrer von V. M. Goldschmidt in Oslo; er hat ihn 1907 u. a. in chemischer Analyse (Silikatanalyse) und "krystallographischen Arbeitsmethoden" unterrichtet. V. M. Goldschmidt an Salomon-Calvi 19.9.1907 (UBF-GA: Archivnummer 3582). Die genannte Arbeit ist V. M. Goldschmidt (1908); siehe hierzu auch V. M. Goldschmidt an Groth, 25.3.1908 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 1).

52. V. M. Goldschmidt an Groth, 28.9.1910 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 13). Goldschmidt hatte auch im Winter 1908/09 bei F. Becke in Wien "petrographische Optik" studiert. V. M. Goldschmidt an Groth, 3.10.1908 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 9). Damals scheint er aber noch nicht in München gewesen zu sein.

machte **Groth Goldschmidt** im September 1911 über **Brögger**, welcher dieses auch **Goldschmidt** sofort unterbreitete. Über sein Gespräch mit ihm berichtete er Anfang Oktober **Groth**:

"Am 28ten habe ich ihn [Goldschmidt; B. F.] .. von ihrem ehrenvollen Anerbieten genau unterrichtet und eingehend mit ihm dasselbe besprochen. Er war anfangs sehr dazu geneigt dasselbe anzunehmen, bat aber schliesslich um einige Tage für nähere Erwägung; schon am nächsten Tage erhielt ich dennoch seine schriftliche Antwort. Er hebt in dieser einerseits die vortheilhaften Seiten der von Ihnen angebotenen Stellung in München hervor, weshalb er geneigt wäre dieselbe anzunehmen; anderseits scheint ihm jedenfalls vorläufig sein Arbeitsgebiet hier in Norwegen in wissenschaftlicher Beziehung so vortheilhaft, dass er dasselbe doch ungern verlassen möchte. Er wünschte deshalb schliesslich doch hier zu bleiben, doch nur unter der Voraussetzung dass man ihm hier an unserer Universität durch die Errichtung einer festen Docentenstelle bessere Arbeitsbedingungen schaffe"⁵³.

Diese Dozentur sei auch von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät schon am 5. Oktober einstimmig beschlossen worden, und sie werde wohl auch von dem (aus den fünf Dekanen bestehenden) "akademischen Kollegium" einstimmig angenommen werden. Allerdings müsse die Dozentur noch im *Storting* behandelt werden, und dessen Entscheidung sei durchaus unsicher:

"Es ist somit gar nicht ausgeschlossen, dass Sie dennoch Dr. Goldschmidt nach München erhalten können, falls es Ihnen möglich wäre bis März mit der endlicher<!> Entscheidung zu warten. Ich würde ihnen persönlich sehr dankbar sein, wenn dies möglich wäre; denn erstens würde es natürlich die Aussichten dazu die Docentur für Dr. Goldschmidt hier durchzukämpfen, sehr fördern, wenn ich dem *Storting* mittheilen könnte, dass die von Ihnen angebotene Stellung noch für ihn offen sei, anderseits würde Dr. Goldschmidt dann die Aussicht haben nach München gehen zu können, falls die Docentur hier schliesslich doch nicht vom *Storting* errichtet werden sollte"⁵⁴.

In diesem Sinne beantwortete dann auch **Goldschmidt** selbst einige Tage später **Groths** Angebot:

"Ich würde nicht zögern, von Ihrem gütigen Angebot Gebrauch zu machen, wenn sich mir nicht die Aussicht böte, eine feste Stelle an der hiesigen Universität zu erhalten. Die Fakultät hat auf Herrn Prof. Bröggers Antrag einstimmig beschlossen, eine Docentur für mich vorzuschlagen. Eine solche entspricht

53. Brögger an Groth, 6.10.1911 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 73). Brögger erwähnt hier ein entsprechendes Schreiben Groths vom 24.9.1911, welches allerdings nicht mehr erhalten zu sein scheint. Zumindest findet es sich nicht unter den Briefen Groths an Brögger in der Handschriftensammlung der Universität Oslo. Weitere Recherchen, u. a. bei Prof. Anton Brögger in Oslo, einem Enkel von W. C. Brögger, blieben bisher erfolglos.

54. Brögger an Groth, 6.10.1911 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 73).

hier etwa der Stellung eines etatmäßigen Extraordinarius an den deutschen Universitäten. In einer derartigen Stellung würde ich die erwünschte Gelegenheit haben, eine dieses Jahr begonnene petrographische Untersuchung über das norwegische Hochgebirge weiter zu führen. Nun ist es aber sehr fraglich, ob das Storting die neue Docentengage bewilligt; die Entscheidung darüber ist erst Ende Februar oder Anfang März zu erwarten. Es wäre daher für mich im höchsten Grade erwünscht, wenn ich mit der definitiven Antwort bis zu diesem Zeitpunkt warten dürfte"⁵⁵.

Goldschmidt hat die genannte Stelle dann bekanntlich erhalten, so daß dieser erste geplante Wechsel nach München nicht zustande kam. Er nahm aber zumindest die Gelegenheit wahr, für das Wintersemester in Christiania Urlaub zu nehmen, um bei **Groth** in München kristallographische Untersuchungen durchführen zu können⁵⁶. Nach diesem Aufenthalt in München war **Goldschmidt** weiter, wenn auch nicht regelmäßig, als Referent für die ZfK tätig⁵⁷. Im April 1914 - **Goldschmidt** war damals 26 Jahre alt - hat das norwegische Storting die Errichtung einer neuen Professur für **Goldschmidt** (für die Fächer Mineralogie, Kristallographie und Petrographie, verbunden mit der Leitung eines mineralogischen Instituts) beschlossen, womit dann weitere Bemühungen von Seiten **Groths**, **Goldschmidt** nach München zu holen, zunächst hinfällig wurden⁵⁸.

Eine zweite Möglichkeit, **Goldschmidt** für München zu gewinnen, sah **Groth** im Sommer 1924. Als er (im Alter von 81 Jahren) von seiner Professur zurücktrat, hat er, und dies ist nicht unbekannt, mehrfach deutlich gemacht, daß er **V. M. Goldschmidt** für den einzigen wirklich geeigneten Nachfolger hielt und dessen Berufung auch aktiv betrieben. Als Nachfolger waren zunächst vorgeschlagen (in dieser Reihenfolge): 1) **Arwin**

55. V. M. Goldschmidt an Groth, 7.10.1911 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 15).

56. V. M. Goldschmidt an Groth, 14.10.1911 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 16). Hier entstanden dann die Arbeiten über die Winkeländerungen der Kristalle bei tiefen Temperaturen. Vgl. Kap. B. 1. 1. 2.

57. V. M. Goldschmidt an Groth, 16.5., 29.10. & 7.11.1912, 4.2.1913 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 18, 25, 26, 32).

58. V. M. Goldschmidt an Groth, 30.4.1914 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 35). Goldschmidt hat sich 1914 auch um eine Professur in Stockholm beworben und sei dabei, so berichtete Hiortdahl, unter den vier Bewerbern "unbedingt als der erste genannt" worden. Es sei aber gelungen, ihn in Oslo zu behalten, und in wenigen Wochen könnten sie der "Ernennung als ordentlicher Professor hier entgegensehen". Hiortdahl an Groth, 15.5.1914 (BSB-Hs: Grothiana X/Hiortdahl 38). Vgl. hierzu auch Mason (1992), S. 19.

Johnsen (Berlin), 2) **V. M. Goldschmidt** (Christiania), 3) **Paul Niggli** (Zürich)⁵⁹. Als ungeliebter Kompromißkandidat wurde allerdings schließlich zum 1.4.1925 **Balthasar Goßner** (1877-1937) berufen. **Goßner** hatte 1902 bei **Groth** promoviert und sich 1908 für Mineralogie und Kristallographie habilitiert, war dann bis 1920 Privatdozent in München und anschließend (bis zu seiner Berufung nach München) außerordentlicher Professor für Mineralogie, Kristallographie und Petrographie an der Universität Tübingen⁶⁰.

In einem maschinenschriftlichen Entwurf eines Briefes an **Groth** schrieb **Goldschmidt** zur möglichen Berufung nach München:

"Natuerlich waere es sehr schoen, wenn die centrale Stellung des Muenchener Institutes auch kuenftig gewahrt werden kann; bei der Tradition Ihrer Wirksamkeit und dem ausgezeichneten wissenschaftlichen Milieu ist dies auch durchaus im Bereiche der Moeglichkeit und Wahrscheinlichkeit, aber die Hauptsache ist nach meiner Auffassung doch dass die ganze moderne Entwicklung unserer Wissenschaft von Ihrem Geiste durchdrungen worden ist. ... Mein Institut hier gedeiht gam[!]z schoen, vor kurzem wurden mir im Storthing die Mittel fuer das kommende Budgetjahr wieder ohne Debatte bewilligt. Es ist mir eine grosse und erfreuliche Anerkennung, dass bei einer eventuellen Berufung nach Muenchen auf ST[!]uetze von Seiten der bayerischen Industrie zu rechnen waere. Eine Anerkennung meiner Arbeiten von technischer Seite freut mich stets ganz besonders, da ich ja recht viel Zeit und Arbeitskraft der angewandten Wissenschaft gewidmet habe. ... Aber die Hauptsache ist doch stets, dass man in einem zusagenden Wirkungskreise die Moeglichkeit hat, die Wissenschaft zu foerdern, soweit man es vermag. Und in dieser Beziehung ist Muenchen unzweifelhaft sehr verlockend, trotz aller der Schatten mit welchen die heutigen Zustaende das Bild verdunkeln [<hs. Einfügung> wie ich auch soeben an Prof. Willstätter geschrieben habe, dessen Anteilnahme ich sehr hoch schätze]]. Sobald die Berufung vorliegen sollte, waere es wohl zweckdienlich, dass ich persoendlich zur naeheren Ruecksprache nach Muenchen kaeme, um mich ueber die Arbeitsmoeglichkeiten eingehend zu orientieren"⁶¹.

Woran die Berufung **Goldschmidts** letztlich scheiterte, wäre noch eingehender zu untersuchen. **R. Willstätter** hat später

59. Akte Nachfolge Paul von Groth (UA: Mineralogie OC-N 10a).

60. Daß Goßner deshalb zum Teil bis heute etwas ungerecht beurteilt wird, braucht hier nicht diskutiert zu werden. Es sei aber zumindest angemerkt, daß es Goßner war, der zuerst am Münchner Institut eine Röntgenbeugungsanlage eingerichtet hat (Auskunft seines Sohnes K. Goßner, München). Groth war dies wohl schon allein aus finanziellen Gründen während des Krieges bzw. in den ersten Nachkriegsjahren nicht möglich gewesen.

61. Goldschmidt an Groth, o. D. (mschr. Briefentwurf) (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). Ob der Brief wirklich abgeschickt wurde, ist nicht sicher zu sagen; jedenfalls findet er sich nicht unter den Briefen Goldschmidts an Groth in dessen Nachlaß in der BSB.

Goldschmidts jüdische Abstammung dafür verantwortlich gemacht⁶², und die von **Goldschmidt** angedeuteten "Schatten", mit welchen "die heutigen Zustaende das Bild" verdunkelten, sprächen auch dafür. Aus den Berufsakten läßt sich dies allerdings nicht direkt bestätigen⁶³. Und es wäre vor allem auch zu sehen, daß **Goldschmidt** - wie er in seinem Schreiben sehr deutlich machte - in Oslo inzwischen beste Bedingungen hatte, so daß ihm ein Wechsel in ein Land, welches gerade erst - nach dem verlorenen Krieg - begonnen hatte, seine Beziehungen zu den westlichen Nachbarn zu normalisieren, zumindest zu diesem Zeitpunkt, nicht unbedingt erstrebenswert erscheinen mußte⁶⁴.

Neben den englischen, österreichischen und norwegischen Mineralogen waren es weiter Mitarbeiter aus Italien und den Vereinigten Staaten sowie später auch aus Rußland, auf welche sich die Zfk stützen konnte. Der russische 'Eintritt' in die Zfk beginnt eigentlich erst mit dem Kristallographen **E. S. Fedorov** (1853-1919), dessen erste Originabhandlung im zwanzigsten Band

62. Zwar habe der damalige Dekan, der Physiker W. Wien (1864-1928), nie von "Juden oder Nichtariern" gesprochen, wohl aber von Ausländern. Vgl. Willstätter (1949), S. 342. Zu diesen möglichen Hintergründen der Nicht-Berufung Goldschmidts vgl. auch R. vom Bruch/R. A. Müller (Hrsg.) (1986), S. 209; vgl. auch S. 18-20.

63. Akte Nachfolge Paul von Groth (UA: Mineralogie OC-N 10a). Dort ist zwar davon die Rede, daß kein Ausländer berufen werden solle (vgl. die vorhergehende Anm.), nicht aber explizit von einer jüdischen Abstammung als möglichem Hinderungsgrund.

64. So hatte V. M. Goldschmidt 1925 auch eine Berufung nach Berlin mit der Begründung abgelehnt, daß die dort notwendigen Arbeiten zum Aufbau eines modernen (seinem jetzigen vergleichbaren) Institutes ein bis zwei Jahre in Anspruch nehmen würden, und eine so lange Unterbrechung seiner Forschungsarbeiten wollte er nicht akzeptieren. V. M. Goldschmidt an Schneiderhöhn 3. & 13.12.1925 (UBF-GA: Archivnummer 3602-3). Goldschmidt war von der Berliner Universität schon vier Jahre früher als möglicher Nachfolger von Th. Liebisch in Betracht genommen worden. Damals hatte die Universität aber schon von sich aus auf eine Berufung verzichtet, da, wie einem Brief A. Pencks an Groth zu entnehmen ist, eine Zusage unter den gegebenen Bedingungen als wenig wahrscheinlich galt. Penck hat es "lebhaft ... bedauert", daß es nicht möglich war, auch P. Niggli und V. M. Goldschmidt in die Berufsliste aufzunehmen. Insbesondere Niggli habe ihm "unter den Jüngeren durch seine phänomenale Arbeitskraft besonders imponiert. Aber bei dem jämmerlichen Stande unserer Valuta wird sich ein Schweizer wohl bedanken, nach Berlin zu kommen. Aehnliche Erwägungen ließen die Kommission auch davon absehen, Goldschmidt zu nennen; ..." Wunschkandidaten waren dann zunächst F. Becke (Wien) und F. Rinne (Leipzig) gewesen, welche allerdings aus Altersgründen nicht in Frage kamen. So wurde schließlich (der auch von Groth empfohlene) A. Johnsen (Kiel) berufen. Penck an Groth, 29.3.1921 (BSB-Hs: Grothiana X/Penck 2).

der ZfK erschien⁶⁵. Von den früheren russischen Mineralogen schien **Groth** "keiner von so hervorragender Bedeutung, daß es geeignet schien, ihn bei der Gründung der ZfK zur Mitwirkung besonders einzuladen"⁶⁶. Der zweite wichtige russische Mitarbeiter der ZfK war **V. I. Vernadskij** (1863-1945), der ab dem fünfzehnten Band (1889) eine Reihe von Originalabhandlungen bei **Groth** veröffentlichte und auch als Referent der russischen Literatur für die ZfK tätig war⁶⁷.

In Italien waren es zunächst zwei Vertreter der älteren Mineralogengeneration, **A. Scacchi** (1810-1893) in Neapel und **Q. Sella** (1827-1884) in Rom, welche die Gründung der ZfK unterstützt haben. Und vor allem **Giovanni** (eigentl. **Johann**) **Strüver** (1842-1915), der Nachfolger **Sellas** an der Turiner Universität, und **Groths** ehemaliger Straßburger Schüler **F. Sansoni** (?-1895), welcher dann in Pavia tätig war, haben sich mit einer Reihe von Originalabhandlungen an der ZfK beteiligt. Der Nachfolger von **Strüver** in Turin war **F. Zambonini** (1880-1932) (später in Neapel),

65. Zur Beziehung Groth-Fedorov vgl. vor allem auch Faltheiner (1973).

66. Groth (1928), S. 18. Der im "Prospectus" von 1876 genannte Petersburger Mineraloge Erofejeff ist (zumindest mit Originalabhandlungen) in der ZfK nie aufgetreten.

67. Groth hatte Vernadskij im Herbst 1887 gebeten, die Referate der russischen Arbeiten für die ZfK zu übernehmen, wozu dieser sich auch bereit erklärte. Vernadskij an Groth, 10. & 22.11.1887 (BSB-Hs: Grothiana X/Vernadskij 1 & 2). Ihre eigentliche Zusammenarbeit begann aber erst mit Vernadskijs Studienaufenthalt in München im Sommer 1888; eine erste Arbeit von ihm erschien 1889 in der ZfK (Vernadskij, 1889). An seinen Studienaufenthalt erinnerte er sich 35 Jahre später: "Mit besten Erinnerungen sind für mich die Monate erfüllt welche ich als junger Mann, in den[!] lieben Alten Akademie in München unter ihrer Leitung verbracht habe. Es war für mich eine Einführung in viele Fragen, welche auch jetzt für mich lebendig sind". Vernadskij an Groth, 29.7.1923 (BSB-Hs: Grothiana X/Vernadskij 39). Das bis zu Groths Tod gute Verhältnis zwischen beiden sollte allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, daß vor allem Vernadskij Groths Programm der Chemischen Kristallographie nie wirklich mitgetragen hat. Vernadskij war von München aus nach Paris gegangen, wo er im Labor von F. Fouqué arbeitete, und zwar u. a. über die sogenannten racemischen Verbindungen und die chemische Konstitution bzw. die künstliche Herstellung der Aluminiumsilikate Disthen und Sillimanit. Dabei sprach er auch die Vermutung aus, "dass Sillimanit eine stabile Modifikation, bei höheren Temperaturen, von $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ist"; in seinen Versuchen sprach er dann allerdings nur von einer Umwandlung des Disthens bei ca. "1400° C" in eine andere Modifikation, wollte dabei aber nicht explizit von Sillimanit sprechen. Vernadskij an Groth, 20.6.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Vernadskij 4); dazu auch Vernadskij an Groth, 15.4.1889, 15.11.1889 & 6.3.1890 (BSB-Hs: Grothiana X/Vernadskij 3, 5 & 7).

der zum bedeutendsten Mineralogen Italiens seiner Zeit wurde und seit 1899 zu den eifrigsten Mitarbeitern der ZfK gehörte⁶⁸.

Aus den Vereinigten Staaten ist in erster Linie die - unter dem Einfluß von **J. D. Dana** (1813-1895) - etwa gleichzeitig mit der ZfK in New Haven in Connecticut entstandene Mineralogenschule zu nennen, an deren Spitze zunächst **G. J. Brush** (1831-1912) und in seiner Nachfolge **S. L. Penfield** (1856-1905) standen, wobei insbesondere letzterer mit einer Reihe von Arbeiten in der ZfK vertreten war. Zu den Mitarbeiter **Brushs** und **Penfields** gehörte u. a. **E. S. Dana** (1849-1935), der Sohn des eben genannten Geologen **J. D. Dana**, welcher auch als eifriger Referent für die ZfK tätig war⁶⁹. Aus der Schule **Penfields**, dieses "größten amerikanischen

68. Von allen hier genannten italienischen Mineralogen befinden sich Briefe im Nachlaß Groths, so allein von Zambonini 118 Briefe an Groth aus den Jahren 1899-1926 (BSB-Hs: Grothiana X/Zambonini). Die Korrespondenz konnte allerdings bisher noch nicht ausgewertet werden. Im Hinblick auf Groths Beziehungen zu Italien ist weiter die Korrespondenz mit W. Salomon-Calvi (131 Briefe, 1895-1924) von Interesse (BSB-Hs: Grothiana X/Salomon). Groth hatte Salomon-Calvi 1901 die Stelle des Konservators der Münchner Sammlung angeboten, nachdem F. Grünling ein Angebot aus Freiberg erhalten hatte. Groth an Salomon-Calvi, 21.3.1901 (UBF-GA: Archivnummer 3850). Nachdem sich diese Möglichkeit zerschlagen hat, ging Salomon-Calvi nach Pavia, wo er bis zu seiner Berufung nach Heidelberg tätig war. Speziell zur Familie Sansoni bzw. deren Unterstützung durch Groth, V. Goldschmidt u. a. nach Sansonis Tod, siehe auch V. Goldschmidt an Groth, 10.7.1895 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 50).

69. Im "Circular" von 1887 wird E. S. Dana ausdrücklich als Referent erwähnt, dessen Auszüge der amerikanischen Arbeiten oft schon erschienen waren, bevor die eigentliche Originalarbeiten in Deutschland zu bekommen waren. Vgl. Groth: Circular (1887) (BSB-Hs: Grothiana V/1), S. 4. Dana hatte im Wintersemester 1873/74 bei G. Tschermak in Wien studiert (weswegen er sich dann später auch für die Unterstützung seines Lehrers einsetzte, welcher durch den Ersten Weltkrieg einen großen Teil seines Vermögens verloren hatte). Dana an Lang, 19.10.1920 (UBW-A: Nachlaß Victor von Lang). Groth und Dana kannten sich also möglicherweise schon aus dieser Zeit. Dana hat Groth dann im Sommer 1876 zum Plan der Zeitschrift geschrieben und sich auch bereit erklärt, die Referate der amerikanischen Arbeiten zu übernehmen. Gleichzeitig machte er Groth aber auch aufmerksam, daß von amerikanischer Seite insgesamt wenig zu erwarten sein werde: "Your plan seems to me a very excellent one and I do not doubt it will meet with much success. It has long been a disadvantage for Mineralogists that articles upon Mineralogy and Crystallography have been scattered so widely in different different[!] periodicals; and this has been especially true in view of the meagre and incomplete abstracts in Leonhard's Jahrbuch. ... If it will add to the value of the Journal to have published in it any mineralogical notes of mine simultaneously with their appearance here, I will very willingly exceed to that plan, and I thank you for your kindness in proposing it. Moreover I can promise to send you frequent abstracts of american papers on mineralogical and crystallographical subjects. I must say, however, that the number of papers published here is not very large and they are not often

Mineralogen"⁷⁰, sind eine Reihe später bekannter Mineralchemiker hervorgegangen, wobei insbesondere **J. P. Iddings** (1857-1920) zu nennen wäre.

Iddings selbst gehörte allerdings nicht mehr zu den Mitarbeitern der ZfK, und dies ist bereits ein erster Indikator für die Umgestaltung der ZfK, wie sie nach dem I. Weltkrieg unter der neuen Leitung von **P. Niggli** (1888-1953) erfolgen sollte. **Groth** hatte die Redaktion der ZfK über 50 Jahre lang (bis zum Jahr 1916) innegehabt. In dieser Zeit war die ZfK das maßgebliche Publikationsorgan der Mineralogie und Kristallographie gewesen, und alle namhaften Fachvertreter des letzten Viertels des 19. Jahrhunderts hatten zu ihren Mitarbeitern gezählt. Die neue Mineralogengeneration allerdings, die sich in den beiden Jahrzehnten um 1900 zu formieren begann, bevorzugte offensichtlich zunehmend andere Publikationsorgane. Dies gilt insbesondere auch für die amerikanischen Mineralogen um **F. W. Clarke** (1847-1931) bzw. für die ab 1902 im Vorfeld der Gründung des *Geophysikalischen Laboratoriums* (bzw. dann nach dessen Gründung an diesem) entstandenen Arbeiten. So sind etwa die frühen Mitarbeiter des Geophysikalischen Laboratoriums kaum mit Originalabhandlungen vertreten⁷¹. Lediglich **F. E. Wright**

of very much value". E. S. Dana an Groth, 30.6.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/E. S. Dana 2). Gleichzeitig mit seiner ersten Sendung von Referaten im Januar 1877 warnte Dana Groth dann noch einmal vor allzugroßen Erwartungen: "I must warn you again, however, that there is very little activity in the department in the U.S., so that sometimes month pass without any new article appearing". E. S. Dana an Groth, 3.1.1877 [Der Brief ist mit "1876" datiert, was aber offensichtlich ein Versehen von Dana war; so erwähnte er dort bereits den "Prospectus", welchen Groth erst im November 1876 versandt hat.] (BSB-Hs: Grothiana X/E. S. Dana 1). Dazu dann auch E. S. Dana an Groth, 11.10.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/E. S. Dana 3).

70. Vgl. Groth (1928), S. 18.

71. Dabei muß gesehen werden, daß fast alle dieser frühen Mitarbeiter in Deutschland studiert haben. Arthur L. Day (1869-1960), der erste Direktor des neuen Laboratoriums, war von 1897 bis 1900 Mitarbeiter der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin gewesen. Vgl. Sosman (1964), S. 147; Yoder (1980), S. 9; Yoder (1994), S. 21. Und alle der acht Geologen und Mineralogen, die 1903 ein Forschungsprogramm für das neue Laboratorium entwarfen - F. D. Adams, W. Cross, J. P. Iddings, J. F. Kemp, A. C. Lane, L. V. Pirsson, H. S. Washington und J. E. Wolff (vgl. Adams et al., 1904) -, hatten in Deutschland studiert, wobei dann eben nur J. F. Kemp u. a. in München bei Groth war. Die anderen hatten bei H. Rosenbusch in Heidelberg bzw. bei F. Zirkel in Leipzig studiert. Vgl. Servos (1983a), S. 180 Anm. 114; vgl. auch S. 184. Zu dieser Entwicklung der amerikanischen Mineralogie und Geochemie im Umfeld des Geophysikalischen Laboratoriums vgl. auch Servos (1983b).

(1877-1953) und **J. F. Kemp** (1859-1926) haben Beiträge geliefert, was dann auch wesentlich darauf zurückzuführen war, daß der eine Schüler von **V. Goldschmidt** in Heidelberg, der andere von **Groth** in München war⁷².

Groth stand allerdings durchaus mit einer Reihe der Washingtoner Mineralogen und Petrographen in Beziehung, so vor allem mit **Clarke**⁷³. Beide waren seit 1889 in Kontakt: zum einen tauschten sie regelmäßig Mineralien aus für die von ihnen betreuten Sammlungen, zum anderen erschienen in der ZfK regelmäßig Auszüge der Arbeiten **Clarkes** über Silikate sowie auch zwei (zusammen mit seinem Mitarbeiter **E. A. Schneider** verfaßte) größere Originalarbeiten⁷⁴. 1893 hat **Groth** an der *Columbian Exposition*, der Weltausstellung zur Feier der 400. Wiederkehr der Entdeckung des Landes durch **Christoph Kolumbus** (eigentlich ja 1492) in Chicago teilgenommen⁷⁵ und bei dieser Gelegenheit auch

72. Von Groths Schüler Kemp befinden sich 22 Briefe aus den Jahren 1891-1922 in Groths Nachlaß (BSB-Hs: Grothiana X/Kemp), die allerdings bisher nur teilweise ausgewertet werden konnten. Wright hat (zusammen mit seinem Lehrer V. Goldschmidt) eine kleine Abhandlung (über einen "Orthoklas-Zwilling") veröffentlicht. V. Goldschmidt an Groth, 10.7.1898 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 75).

73. Clarke war seit 1884 Chefchemiker des "US Geological Survey" in Washington und hatte dort ein Zentrum für die chemische Erforschung der Erde aufgebaut. 1889 unternahm er in seiner Schrift "The relative abundance of the chemical elements" einen ersten Versuch, die mittlere Erdkrustenzusammensetzung bzw. die relative Häufigkeit der chemischen Elemente in der Erde zu ermitteln. Sein eigentliches Hauptwerk, "The data of geochemistry" (in erster Auflage 1908 in New York erschienen), eine Zusammenfassung der seit 1884 unter seiner Leitung durchgeführten Mineral-, Gesteins- und Erzanalysen, gilt noch heute als eines der Standardwerke der Geochemie.

74. Clarke hat Groth im März 1889 eine Sendung mit 42 Stücken (u. a. Nickel-Erzen) angekündigt und ihm gleichzeitig über seine laufenden Arbeiten zu den Glimmer-Mineralien berichtet. Clarke an Groth, 30.3.1889 (BSB-Hs: Grothiana X/Clarke 1). Zum Mineralientausch zwischen Clarke und Groth s. auch Clarkes Briefe vom 27.5.1891, 15.8.1891, 9.3.1892, 2.7.1892 & 14.9.1892 (BSB-Hs: Grothiana X/Clarke 7-10 & 12); zu den Silikatstudien vor allem auch die Schreiben vom 15.7.1889, 16.2.1890 & 16.5.1890 (BSB-Hs: Grothiana X/Clarke 2-4). Clarke hat weiter (zusammen mit E. A. Schneider) zwei größere Arbeit über seine Silikatstudien in der ZfK veröffentlicht. Vgl. Clarke/Schneider (1890; 1891).

75. Nach Mitteilung durch Benjamin Butterworth (1837-1898) vom 8.8.1891, dem Sekretär des "World's Congress Auxiliary of the World's Columbian Exposition", war Groth zum Mitglied des "Advisory Council of the World's Congress Auxiliary of the World's Columbian Exposition on Science and Philosophy" ernannt worden. (BSB-Hs: Grothiana VI/59). Die Ausstellung in Chicago - deren Motto war: "Not things, but men" - wurde vor allem auch als Anlaß zur (Selbst)Darstellung amerikanischer Wissenschaft und Technik genommen. Vgl. hierzu etwa Badger (1979). Zahlreiche nationale und internationale wissenschaftliche Vereinigungen

Clarkes Institut in Washington sowie **C. W. Cross** in Denver/Colorado besucht⁷⁶. Auf die Ankündigung seines Besuches in Washington und Chicago wurde **Groth** von **Clarke** eingeladen, an der Tagung der *American Association for the Advancement of Science* in Madison teilzunehmen⁷⁷, um dort seine "many American friends" zu

hielten in diesem Jahr Kongresse und Symposien in Chicago ab. So fanden die "International Conference on Geographical Sciences" und Tagungen der "American Historical Association" sowie der 1889 gegründeten "American Chemical Society in Chicago" statt. Weiter war ein "World's Congress of Geologists" in Chicago geplant. In einem ersten Zirkular heißt es zu den Zielen des Kongresses: "The excellent opportunity offered by this Exposition for comparative studies of the mineral resources of the various countries of the globe cannot fail to act as an inducement for geologists to assemble on this occasion"; vorgesehene Themen waren u. a.: "General history and evolution, and the present status and tendencies of the Geological Sciences", "The history and evolution of American Geology", "Status and tendencies of Geological Sciences in America", "Geological Surveys and the Modern State". Unter den im Zirkular ebenfalls genannten auswärtigen Mitgliedern des "Advisory Council" findet sich Groths Name nicht, wohl aber z. B. der von Brögger. (BSB-Hs: Grothiana VI/60). Ferner veranstaltete der "U. S. Geological Survey" eine Mineralienausstellung in Chicago, welche von David T. Day (1859-1925) im "Mining Building" der Ausstellung organisiert worden war; die einzelnen geologischen Ämter der Vereinigten Staaten und Kanadas hatten dazu beigetragen, ebenso wie zahlreiche industrielle und private Institutionen (ein Teil der Ausstellung verblieb anschließend in Chicago im dortigen "Field-Museum"). Und im ca. vier Eisenbahnstunden von Chicago entfernten Madison in Wisconsin tagte die "American Association for the Advancement of Science". Vgl. Clarke an Groth, 19.5.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/Clarke 13). Mit D. Day hat Groth später vereinzelt Mineralien für die Münchner Sammlung getauscht. Vgl. D. Day an Groth, 13.3.1894 & 25.1.1904 (BSB-Hs: Grothiana X/D. Day 1 & 2). Vgl. auch Groth (1926), S. 171.

76. Eine kurzes Resumé seiner Reise gab Groth einige Monate später seinem Freund Brögger: "Ich bin erst Ende October nach 3 monatlicher Reise zurückgekehrt, sehr befriedigt von derselben. Ende Juli war ich in London, wo ich in kurzer Zeit viel sah und lernte. Anfang August fuhr ich nach Canada, besuchte Montreal, Ottawa, Niagara Falls, Detroit, Ann Arbor ... - Chicago. Von dort besuchte ich den Kupferdistrict am Lake Superior und die Eisengruben von Marquette ... unter ausgezeichnete Führung, so dass ich von den höchst interessanten geolog.[ischen] Verhältnissen eine gute Idee bekommen habe. Zuletzt war ich in Washington, Philadelphia, New York, New Haven und Boston, um die dortigen Sammlungen zu studieren, besuchte ausserdem Franklin, New Jersey und fuhr endlich von New York aus zurück. Ueberall fand ich eine ausgezeichnete Aufnahme und so war es eine sehr lehrreiche Tour für mich". Groth an Brögger, 20.1.1894 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

77. Clarke an Groth, 19.5.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/ Clarke 13). An der Universität von Wisconsin in Madison war seit 1892 C. R. Van Hise (1857-1918) Professor für Geologie, und Van Hise war ebenfalls Teilnehmer der Weltausstellung in Chicago; eine Begegnung mit Groth ist allerdings nicht belegt.

treffen. Und wenn er auf dem Kongreß der Chemiker in Chicago einen kurzen Vortrag "on the development of mineralogy in its chemical relations" halten wollte, würde er seinen amerikanischen Freunden zusätzlich eine Freude machen⁷⁸.

Einer der Mitarbeiter von **Clarke** war **Henry Stephens Washington** (1867-1934), der vor allem durch die sogenannte *CIPW-Norm* bekannt geworden ist, benannt nach den Autoren **Charles Whitman Cross** (1854-1949), **J. P. Iddings** (1857-1920), **Louis Valentine Pirsson** (1860-1919) und **Washington**⁷⁹. Auch zu diesen Petrographen stand **Groth** im Kontakt. **Washington** war kurzzeitig als Referent für die ZfK tätig⁸⁰, **Pirsson** veröffentlichte als einziger dieser vier eine kurze Originalarbeit in der ZfK⁸¹. **Cross** schließlich hat zu Beginn der 80-er Jahre in Denver/Colorado Untersuchungen über Zeolithe und über Kryolith⁸² zusammen mit **Groths** ehemaligem Straßburger Schüler

78. Clarke an Groth, 18.8.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/Clarke 14).

79. Die CIPW-Norm dient zur Umrechnung chemischer Mineralanalysen in einen sogenannten "normierten Mineralbestand", der die Klassifizierung der Gesteine nach potentiellen mineralischen Komponenten und den Vergleich mit anderen so berechneten Gesteinen erlaubt. Es gibt heute verschiedene solcher Umrechnungsmethoden, wobei manche auch für bestimmte Gesteinstypen (etwa die metamorphen Gesteine) besser geeignet sind als die (vor allem für magmatische Gesteine entwickelte) CIPW-Norm, aber sie ist nach wie vor die am weitesten verbreitete Form solcher Normberechnungen. Vgl. hierzu auch Fischer (1961), S. 48.

80. Washington an Groth, 4 Briefe, 1896-98 (BSB-Hs: Grothiana X/Washington 1-4).

81. Vgl. Pirsson (1894). Im Nachlaß **Groths** sind neun Briefe aus den Jahren 1891-1895 von **Pirsson** verzeichnet (BSB-Hs: Grothiana X/Pirsson), welche allerdings verschollen sind. Dies gilt auch für die vier Briefe von **Iddings** (1890-1894) (BSB-Hs: Grothiana X/Iddings).

82. **Cross** Ziel war es vor allem, das Verfahren der Aluminium-Gewinnung aus Kryolith weiterzuentwickeln. Cross an Groth, 23.8.1882 (BSB-Hs: Grothiana X/Cross 1). **Groth** beschäftigte sich in dieser Zeit im Rahmen seiner Untersuchungen der natürlichen Fluorverbindungen ebenfalls mit dem Kryolith sowie dem (diesem verwandten) Prosopit (vgl. Groth, 1883) und hatte sich hierzu einige Auskünfte über Kristallform, optische Eigenschaften, Spaltbarkeit usw. des letzteren erbitten. Cross an Groth, 17.12.1882 & 18.3.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Cross 2 & 3). Über den Kryolith hat zu dieser Zeit auch A. Des Cloizeaux in Paris gearbeitet. Des Cloizeaux an Groth, 20.6.1882 & 26.10.1883 (BSB-Hs: Grothiana X/Des Cloizeaux 7 & 11). Zu **Groths** Arbeiten zum Kryolith ferner Groth an Unbekannt, 25.1., 11.2., 30.4. & 7.6.1881 (BSB-Hs: Grothiana IX/Unbekannt 1-4).

W. F. Hillebrand (1853-1925) (welcher später Mitarbeiter von **Clarke** in Washington wurde) durchgeführt⁸³.

Daß sich diese anfänglichen Beziehungen **Groths** bzw. seiner ZfK zu den Washingtoner Geochemikern nicht weiter entwickelt haben, lag zum Teil auch an der politischen Entwicklung. Dies galt insbesondere für das *Geophysikalische Laboratorium* der *Carnegie Institution*, welches - formell 1906 gegründet - 1907 seine Arbeit aufgenommen und sich in kürzester Zeit in verschiedenster Hinsicht zum Musterbeispiel moderner geowissenschaftlicher Forschung entwickelt hat⁸⁴. Auch mit dieser neuen Institution war **Groth** zunächst in Kontakt, konnte diesen aber durch die politischen Ereignisse nicht ausbauen. 1914 erkundigte sich **A. L. Day** nach dem Verbleib eines Artikels von **W. F. Hillebrand** und **F. E. Wright**, welchen er für die ZfK gesandt, von dem er aber dann wegen der "most terrible political upheaval" nichts mehr gehört habe. Auch von der ZfK, "which regulary comes to our library", hätten sie kein Exemplar erhalten. Und **Day** fragte vor allem an, ob die Publikation der ZfK überhaupt weitergehe und "wether papers from this laboratory are still wellcome"⁸⁵.

83. Auch Cross wollte Groth dann 1893 auf seiner Amerikareise besuchen. Vgl. Clarke an Groth, 19.5.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/Clarke 13).

84. Hinsichtlich der Geschichte des Geophysikalischen Laboratoriums als Institution vgl. vor allem Servos (1983a, 1983b) und Yochelson/Yoder (1994); zur wissenschaftlichen Bedeutung vgl. insbesondere Yoder (1994, 1992) sowie Yoder (1980). Zur Entwicklung der Carnegie Institution selbst vgl. ferner Reingold (1979) und Yochelson (1994) sowie die einzelnen Beiträge in Good (Hrsg.) (1994).

85. A. Day an Groth, 13.11.1914 (BSB-Hs: Grothiana X/A. Day 1); dazu dann auch A. Day an Groth, 18.1.1915 (BSB-Hs: Grothiana X/A. Day 2). Auch im April 1915 hat Day noch einige Manuskripte von Arbeiten seiner Mitarbeiter für die ZfK gesandt. A. Day an Groth, 17. & 30.4.1915 (BSB-Hs: Grothiana X/A. Day 3 & 4). Bezüglich der Beziehung Groths zu Day wäre auch zu bemerken, daß letzterer drei Jahre lang (1897-1900) Mitarbeiter der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin war, und 1900 hat er Helene Kohlrausch geheiratet, die Tochter des damaligen Direktors der Reichsanstalt, Friedrich Kohlrausch (1840-1910). Vgl. Sosman (1964), S. 147 & 152; vgl. auch oben Anm. 71. Kohlrausch hatte in seiner Würzburger Zeit verschiedentlich Anfragen an Groth bezüglich bestimmter Mineralien oder kristallographischer Instrumente gerichtet. Siehe etwa Kohlrausch an Groth, 12.8. & 18.12.1877, 29.8. & 22.9.1879 (BSB-Hs: Grothiana X/Kohlrausch 2-5). Der Briefwechsel reicht bis zum Jahr 1884. Über eine mögliche spätere Beziehung geben die Quellen keine Auskunft (also auch nicht darüber, ob Groth und Day sich möglicherweise schon während Days Zeit in Berlin kennen gelernt haben).

Wenn dieses Faktum also bei der Frage nach den Ursachen der wenig entwickelten konkreten Beziehungen **Groths** zur neuen amerikanischen Petrologie und Geochemie mit zu sehen ist, so war diese doch in erster Linie eine Folge der unterschiedlichen Forschungsinteressen⁸⁶. Und dies gilt dann vor allem auch hinsichtlich **Groths** Verhältnis zu den beiden - ihm eigentlich sehr viel näher stehenden - führenden deutschen Petrographen, **Harry Rosenbusch** (1836-1914) und **F. Zirkel** (1838-1912)⁸⁷. Von beiden ist kein einziger Originalbeitrag in der ZfK enthalten, obwohl letzterer zunächst seine Mitarbeit zugesagt hatte (vgl. Kap. B. 1. 3. 1.), und ersterer von Herbst 1873 bis zum Sommer 1878 **Groths** Kollege in Straßburg war⁸⁸.

86. Insbesondere die Geochemiker am Geophysikalischen Laboratorium vermochten Groth nicht zu folgen, wenn sein Urteil bezüglich der neuen, auf der physikalischen Chemie basierenden Arbeiten, etwa zu den 'Mischkristallen', dahinging, daß diese "eine exacte Prüfung der Krystallisationsproducte selbst nicht ersetzen" könnten. Vgl. Groth (1904), S. iiif.; vgl. hierzu auch Kap. B. 1. 1. 2.

87. Von F. Zirkel befinden sich 36 Briefe aus den Jahren 1876-1910 im Nachlaß Groths (BSB-Hs: Grothiana X/Zirkel), welche allerdings bisher noch nicht ausgewertet werden konnten.

88. Rosenbusch und Groth kannten sich spätestens seit einem Aufenthalt des letzteren in Freiburg im Sommer 1872. Im Zuge der Ausarbeitung seiner "Mikroskopischen Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien" (1873) im Winter 1872/73 holte Rosenbusch sich auch verschiedentlich kristallographische Auskünfte bei Groth ein. Dieser selbst dürfe sich, so betonte er dabei ausdrücklich, allerdings von diesem Werk "nicht den geringsten Nutzen . . . erwarten"; das Ganze sei "als Hilfsbuch für den Anfänger" bestimmt und solle eigentlich nur davor bewahren, für die Bestimmung der "Gemengtheile in den Gesteinen . . . etwas exactere Methoden einzubürgern". Rosenbusch an Groth, 26.2.1873 (BSB-Hs: Grothiana X/Rosenbusch 1). Von Groth hat Rosenbusch dann auch zuerst im März 1873 erfahren, daß er (offensichtlich mit dessen Unterstützung) als Professor für Petrographie nach Straßburg berufen werden solle; Anfang Mai hat Rosenbusch dann auch bereits die Ernennung erhalten. Rosenbusch an Groth, 22.2.1873, 24.3.1873, 5.5.1873 & 7.5.1873. (BSB-Hs: Grothiana X/Rosenbusch 6, 2-4). In seiner Heidelberger Zeit hat Rosenbusch auch verschiedentlich Groth um Rat gefragt, etwa bezüglich der Qualität bestimmter Instrumente (Mikroskope) oder auch der finanziellen Ausstattung von dessen Institut (um so seine eigenen Forderungen gegenüber dem Ministerium besser begründen zu können); auch bei der Neubesetzung seiner Assistentenstelle in Heidelberg hat er sich zwei mal an Groth gewandt mit der Bitte, ihm einen geeigneten Kandidaten zu nennen. Rosenbusch an Groth, 10.3.1882, 12.6.1882, 29.6.1887, 10.7.1892 & 15.1.1903 (BSB-Hs: Grothiana X/Rosenbusch 12, 13, 15, 18 & 28). Als dann allerdings später die Besetzung seines Lehrstuhles in Straßburg anstand, und Groth "unter der Hand" erfahren haben wollte, daß Rosenbusch berufen werden solle, machte er auch deutlich, daß ihm doch ein Nachfolger "viel lieber" wäre, der "in derselben Richtung wirkte", wie er selbst. Groth an Unbekannt, 17.5.1883 (BSB-Hs: Grothiana IX/Unbekannt 9). Und als Rosenbusch 1914 starb und

Dies alles spricht dafür, daß sich um 1900 - und gerade eben mit **Rosenbusch** und **Zirkel** - eine neue Forschungslandschaft zu konstituieren begann, welche von der ZfK nicht mehr erfaßt wurde. Mit dieser veränderten Situation stimmt zusammen, wenn **Groth** selbst darauf verwies, daß die Zahl der Auszüge bzw. Referate gegenüber den Originalabhandlungen stark zugenommen habe. War das Verhältnis in den ersten Bänden etwa 3 : 1, so stand in den letzten unter seiner Leitung herausgegebenen Bänden die Zahl der Auszüge zu der der Originalabhandlungen im Verhältnis von etwa 8 : 1. **Groth** führte diese Zahlen an, um die bei dem Abdruck der Auszüge aufgetretenen Probleme zu erklären (zum Teil ungenaue Durchsicht und oft auch sehr spätes ^{erscheinen})⁸⁹, aber sie zeigen eben indirekt auch, daß die ZfK für die modernen Mineralogen und Kristallographen nicht mehr die 'erste Adresse' war⁹⁰. J E

Groth den Nekrolog halten sollte, hat er gegenüber V. M. Goldschmidt angemerkt, daß er dabei wohl auch einige Schwächen in dessen Arbeiten nicht ganz werde übergehen können: "Ganz vermeiden lässt sich natürlich nicht, auch auf seine Ideen über die Gesetzmäßigkeiten des chemischen Bestandes der Gesteine einzugehen, über welche ich glaube, dass es gut gewesen wäre, wenn er mehr sich mit der physikalischen Chemie bekannt gemacht hätte". Groth an V. M. Goldschmidt, 23.9.1914 (ST-SR: H 08/Blandet Korrespondanz 1909-30). In dieser Hinsicht haben sich auch V. M. Goldschmidt und Brögger Groths Ansicht angeschlossen. V. M. Goldschmidt an Groth, 4.10.1914 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 36).

89. Vgl. Groth (1928), S. 20f.

90. 1911 hat G. Linck, ein ehemaliger Mitarbeiter von Groths Straßburger Nachfolger H. Bücking, in Jena die "Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie" gegründet, welche von der neuen (wesentlich an der physikalischen Chemie orientierten) Mineralogengeneration von Beginn an bevorzugt wurden. Von Linck befinden sich auch 36 Briefe an Groth aus den Jahren 1888-1923 in dessen Nachlaß (BSB-Hs: Grothiana X/Linck), die allerdings bisher noch nicht ausgewertet werden konnten. Dies wäre dann auch überhaupt ein Grund für die bestimmende Stellung der ZfK (und überhaupt der Grothschen Schule der Mineralogie) bis fast zum Beginn des ersten Weltkrieges, daß sie eben in ihrer Art bis dahin ein weitgehend konkurrenzloses Unternehmen geblieben war. V. Goldschmidts "Beiträge ..." und Tschermaks "Mitteilungen ..." waren von ihrem inhaltlichen Konzept doch so beschaffen, daß sie die Stellung der ZfK nicht gefährden konnten (s. o.); erst recht galt das für das "Neue Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie" sowie das ab 1900 in Verbindung damit von M. Bauer, E. Koken und Th. Liebisch herausgegebene "Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie"; Lincks "Fortschritte ..." dagegen machten der ZfK in ihrem ureigensten Gebiet, der Kristallographie und Mineralogie, Konkurrenz.

Die weitere Entwicklung der ZfK kann ~~nun~~ hier nicht mehr behandelt werden. Als die ZfK - nach einer durch den Weltkrieg bedingten Unterbrechung - 1920 unter der neuen redaktionellen Leitung von **P. Niggli** (und den Mitherausgebern **P. P. Ewald**, **K. Fajans** und **M. von Laue**) wieder erschien, hatte sich ihr Titel in *Zeitschrift für Kristallographie (Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie)* geändert: die Mineralogie war ganz aus der ZfK verschwunden⁹¹. Diese kehrte zwar 1930 gewissermaßen indirekt wieder zurück: in diesem Jahr wurden ihr als Abt. B. **Tschermaks Mitteilungen** (unter ihrem alten Titel) angegliedert. Die Abt. A. bildete **Niggli's Zeitschrift für Kristallographie**, und der neue Haupttitel beider Abteilungen war *Zeitschrift für Kristallographie, Mineralogie und Petrographie*.
Trotzdem ist es nur bedingt richtig, wenn **Groth** - der diesen Zusammenschluß nicht mehr erlebt hat - mit Blick auf **Niggli's** Neugestaltung der Zeitschrift rückschauend sagte, daß dies eine Beschränkung des Gebietes der ZfK war, wie er sie eigentlich von Beginn an geplant und nur mit Rücksicht auf den dann wohl doch zu geringen Leser- bzw. Abonnementkreis letztlich nicht vorgenommen habe⁹². Die Neugestaltung war zum einen eine Fortsetzung des Spezialisierungsprozesses, den **Groth** selbst befürwortet und der den Erfolg seiner Zeitschrift mitbestimmt hatte. Sie war aber auch ein Indikator für die bevorstehende endgültige Auflösung des **Groth'schen** Konzeptes einer Chemischen Kristallographie, oder anders gesagt: den endgültigen Sieg der Moderne. Die Kristallchemie, zentraler Bestandteil des **Groth'schen** Programms, war an das Ende gerückt: Ihr voran gehen die Kristallgeometrie und die Kristallphysik. Und dies steht dann eben auch in einem weiteren Sinn für die Moderne: Deren Interesse gilt nicht mehr der spezifischen chemischen Zusammensetzung - der 'Substanz' bzw. die 'Qualität' der Mineralien -, sondern deren Interesse gilt

91. Es sei zumindest angedeutet, daß auch nicht alle Mineralogen diese Neugestaltung als wirklichen Gewinn sehen wollten. So schrieb etwa Brögger 1926 (wohlgemerkt an Groth selbst): "Zwar wurde 1921 der Titel ihrer Zeitschrift geändert und Sie selbst mit Prof. Niggli als Redakteur ersetzt, - aber auch die Zeitschrift mit dem geänderten Titel ist ja doch nur die Fortsetzung der von Ihnen gegründeten Zeitschrift; und die Änderung war meiner Ansicht nach kein wirkliches 'Bessermachen'. Wir Mineralogen der alten Schule, ihrer Schule, wollen jedenfalls mit Dankbarkeit das Jubiläum ihrer Zeitschrift erinnern". Brögger an Groth, 5.11.1926 (BSB-Hs: Grothiana X/Brögger 77) (Herv. orig.).

92. Vgl. Groth (1928), S. 21; vgl. auch ebd. S. 4.

den allgemeinen kristallographischen und physikalischen
Eigenschaften.

2. Badischer Liberalismus und Donaumonarchie: Alternative Kulturen der Mineralogie

Groth hat es wie kaum ein anderer seiner zeitgenössischen Fachkollegen verstanden, sein Wirken - d. h. seine Institute in Straßburg und München, sein Forschungsprogramm der Chemischen Kristallographie und nicht zuletzt die ZfK - mit dem Auf- und Ausbau des von Preußen geführten Zweiten Deutschen Kaiserreiches zu identifizieren. Im Hinblick darauf scheint es nicht ganz zufällig zu sein, daß sich die wesentlichen - parallel zu **Groths** Schule sich entwickelnden - 'alternativen Kulturen der Mineralogie' gerade dort herausgebildet haben, wo sich der Einfluß Preußens zunächst nur in geringerem Maße oder gar nicht geltend gemacht hat: zum einen im Großherzogtum Baden, dem liberalsten der deutschen Bundesstaaten, und zum anderen im Österreich nach 1866, das nach der Niederlage gegen Preußen in der Schlacht von Königgrätz (in der die badischen Truppen bekanntlich auf der Seite Österreichs gestanden hatten) endgültig aus dem deutschen Staatenverbund ausgeschieden war¹.

Dabei sind es nun im wesentlichen zwei Schulen, die als solche 'alternative Kulturen der Mineralogie' - und das heißt vor allem auch: als potentielle Konkurrenten **Groths** um die Vorherrschaft in der deutschen Mineralogie - verstanden werden können. Dies ist zum einen die Heidelberger Schule **V. Goldschmidts** und zum anderen die Wiener Schule um **G. Tschermak** und **F. Becke**. Konkurrenten waren **Goldschmidt** bzw. **Tschermak** und **Becke** zunächst allein deshalb, weil sie - vor allem eben **Tschermak** und **Becke**, für kürzere Zeit aber auch **Goldschmidt** - ein eigenständiges mineralogisches Journal neben der ZfK zu behaupten hatten (s. Kap. 1. 3. 2.). Hinzukam die eben angedeutete politische Konstellation: Beide Schulen können gewissermaßen auch als 'Gegengewicht' zur 'preußischen Mineralogie' **Groths** verstanden werden. g.

Allerdings wäre es eine zu enge Sichtweise, die Konstitution dieser beiden Schulen als 'alternative Kulturen' der Mineralogie

1. Zu diesen historischen Fakten vgl. etwa Rovan (1995), S. 457f., 470-3, 480f. Vgl. auch O. Groth (1948), S. 209-14.

allein aus solchen 'externen' Faktoren erklären zu wollen². Konstitutiv hierfür waren vielmehr letztlich unterschiedliche Auffassungen bezüglich der Konzeption der Mineralogie/Kristallographie als Wissenschaft bzw. ihres Verhältnisses zu anderen Naturwissenschaften und nicht zuletzt der Philosophie. War die Mineralogie für **Groth** letztlich ein Teilgebiet der Chemie, so zeigte sich bei **Goldschmidt** und **Tschermak** vor allem auch der Einfluß der Biologie, d. h. der Entwicklungslehre. Und insbesondere **Goldschmidt** hat dabei auch die Bezüge der Mineralogie und Kristallographie zur Naturphilosophie thematisiert. Im Hinblick auf diese konstitutiven Elemente der Mineralogie **Goldschmidts** und **Tschermaks** bzw. deren Gegensätze zur Schule **Groths**, wird hier als eine dritte 'alternative Kultur' der Mineralogie auch die Lehre von den "flüssigen Kristallen" des Karlsruher Physikers **O. Lehmann** behandelt, des gewissermaßen eigentlichen 'Biologen' unter den Kristallographen. 7

2. Insbesondere die politische Konstellation sollte mehr als Rahmen denn als als ursächlicher Faktor der Entwicklung verstanden werden. So war eben gerade der badische Großherzog Friedrich I. (1826-1907) ja einer der entschiedensten Vorkämpfer der nationalen Einheit unter der Führung Preußens. Und sein ehemaliger Minister des Äußeren, der Freiherr Franz von Roggenbach (1825-1907), war 1871 zum Kurator der neu zu gründenden Reichsuniversität in Straßburg bestellt worden (s. Kap. B. 1. 2.), hatte also auf die Gestaltung dieser 'preußischen Universität' einen nicht unmaßgeblichen Einfluß.

2.1. Die 'Große Kette der Mineralien': G. Tschermak und die Mineralogie der Silikate

"Also: das 'junge Österreich' ist nicht nach dem Berliner Muster, es ist nicht nach der Pariser Schablone; es ist nicht revolutionär, und es ist nicht naturalistisch - ja, was ist es denn eigentlich sonst?"³.

"Schauen Sie, dass Sie Ihre Vorlesungen bald schliessen und kommen Sie nach Italien; es ist im Winter was Wien im Sommer ist: herrliches Wetter ... und ein dolce far niente, ... ein solches niente giebt es ausser allenfalls in Wien in der ganzen Welt nicht mehr"⁴.

Für **Groth** war er der "hervorragendste der neueren Vertreter der naturhistorischen Richtung der Mineralogie"⁵. **Othenio Abel** (1875-1946), der Dekan der philosophischen Fakultät, nannte ihn anlässlich der Trauerfeier bei seinem Tode im Jahr 1927 einen "Hofrat vom Scheitel bis zur Sohle"⁶. Und sein kongenialer Mitstreiter **F. Becke** beschrieb ihn in seiner Gedächtnisrede vom 23. 11. 1927 als einen "Naturforscher von ausgeprägter Eigenart", dessen "wissenschaftliches Lebenswerk . . . trotz seiner Vielseitigkeit" doch immer auch einen "einheitlichen Zug" habe erkennen lassen⁷. Dies mögen nicht unbedingt erschöpfende Charakterisierungen des bereits verschiedentlich genannten Wiener Mineralogen und Petrographen **Gustav Tschermak** (1836-1927) sein (s. auch Kap. B. 1. 1. 2. & 1. 3. 2.). Sie machen aber doch deutlich, daß **Tschermak** eine andere 'Kultur der Mineralogie' bzw.

3. H. Bahr (1893), S. 292.

4. Brezina aus Rom an Groth, 23.10.1873 (BSB-Hs: Grothiana X/Brezina 6).

5. Vgl. Groth (1926), S. 216.

6. Hier zit. nach E. Tschermak (1958), S. 5.

7. Vgl. Becke (1928), S. iv.

eine andere 'mineralogische Lebenswelt' repräsentierte, als dies der 'preußische Hochschulprofessor' **Groth** getan hatte. Ebenso wie **Groth** durch das Berlin der 60-er und frühen 70-er Jahre, durch die Gründung eines neuen Deutschen Reiches und einen 'neuen Realismus' geprägt war, stand **Tschermak** für das Wien der späten 50-er, 60-er und frühen 70-er Jahre, den österreichischen bürgerlichen (National)Liberalismus und die Bestimmung eines neuen - nicht ganz unzwiespältigen - Verhältnisses zu Deutschland.

Sein Sohn, der Botaniker **Erich von Tschermak-Seysenegg** (1871-1962), der selbst als Pflanzenzüchter bzw. durch seine - etwa gleichzeitig mit **H. de Vries** (1848-1935)⁸, aber unabhängig von diesem durchgeführten - Arbeiten über die **Mendelschen** Vererbungsgesetze bekannt geworden ist, berichtet in seiner Autobiographie über die Herkunft der Familie und das Leben des Vaters. Die väterliche Linie der Familie (damals noch) **Czermak** - unter deren Vorfahren auch **Gregor Mendel** zu finden sei - stammte aus Mähren. Der Vater, **Ignaz Markus Czermak** (1791-1864), war Gemeindebeamter in Littau (bei Olmütz), wo **G. Tschermak** 1836 geboren wurde. 1848, im Jahr der Wiener Märzrevolution, trat er in das Gymnasium in Olmütz ein. Und schon in seiner Gymnasialzeit gründete er einen Verein zur Pflege der deutschen Sprache, der als Gegengewicht gegen die drohende slawische Agitation dienen sollte. In diese Zeit fiel auch die Änderung der Schreibweise seines Namens (ursprünglich eben: **Czermak**)⁹.

Tschermaks im engeren Sinne mineralogischer Lebensweg begann 1856 an der Universität Wien, und dieser unterschied sich nicht unwesentlich von dem seines nur wenige Jahre jüngeren preußischen Pendants: Sein naturwissenschaftlicher Hintergrund waren nicht der Bergbau und auch weniger die neue Chemie, als vielmehr die Naturgeschichte im Wien der 50-er und 60-er Jahre des 19. Jahrhunderts. Seine Lehrer waren der Chemiker **Josef Redtenbacher** (1810-1870), der Mineraloge **F. X. M. Zippe** (1791-

8. Zu de Vries und dessen Mutationstheorie vgl. jetzt vor allem auch Theunissen (1994).

9. Vgl. E. Tschermak (1958), S. 1f. Zu den allgemeinen politischen Hintergründen dieser Namensänderung vgl. etwa Rovan (1995), S. 480f. Der erbliche Titel Edler von Seysenegg wurde Tschermak 1901 anlässlich seines Rücktritts vom Lehramt verliehen. Er selbst hat ihn allerdings praktisch nicht geführt; erst seine Söhne Erich und Armin haben sich dann konsequent Tschermak-Seysenegg geschrieben.

1863), der Physiker **J. Grailich** und der Botaniker **Eduard Fenzl** (1838-1929); letzterer, zugleich Leiter des Botanischen Gartens und maßgeblich mitbeteiligt an der Gründung der Akademie der Wissenschaften, sollte später auch **Tschermaks** Schwiegervater werden¹⁰.

Die ersten eigenständigen Arbeiten waren petrographische Studien. Er untersuchte die Paragenesis der Mineralien in verschiedenen Graniten, den Quarzgehalt des Plagioklas und die Rolle des Olivins in verschiedenen Gesteinen, womit er auch zu der sich neu entwickelnden mikroskopischen Untersuchung der Gesteine beitrug. Diese Arbeiten zeigten ihm gleichzeitig die bis dahin nur mangelhafte Kenntnis der gesteinsbildenden Mineralien, so daß er gleichzeitig mit mineralogischen Untersuchungen zu deren Kristallformen und physikalischen Eigenschaften sowie deren Variationen in der chemischen Zusammensetzungen begann; bei letzteren hat ihn vor allem auch sein Freund, der Chemiker **Ernst Ludwig** (1842-1915) unterstützt¹¹. Die erste und zugleich bekannteste dieser Arbeiten ist die Studie über die Feldspäte (1864).

Vier Jahre später (1868) wurde **Tschermak** zum außerordentlichen Professor für Petrographie an der Universität Wien ernannt, 1873 schließlich zum ordentlichen Professor für Mineralogie und Petrographie. Seit Herbst 1868 war er gleichzeitig Direktor des Hofmineralienkabinetts, an dem er bereits seit 1862 als Assistenz-Kurator tätig war. In diese Zeit fiel die Gründung (1871) der *Mineralogischen Mitteilungen*, die zunächst als Supplemente zum *Jahrbuch der K. K. geologischen Reichsanstalt* erschienen, ab 1878 dann selbständig als *[Tschermaks] Mineralogische und petrographische Mitteilungen*. 1876 hatte **Tschermak** einen Ruf nach Göttingen erhalten, entschloß sich aber - allerdings erst nach der Zusage des damaligen

10. Vgl. E. Tschermak (1958), S. 3 & 5. Solche 'familiären Querverbindungen' (wie sie überhaupt für die Wissenschaftsgeschichte Österreichs nicht ganz unwesentlich zu sein scheinen) zwischen Tschermak und der Wiener Gelehrtenwelt ließen sich noch mehrere anführen. So war etwa die Schwester seiner zweiten Frau Hermine, Adelinde Fenzl, mit dem Astronomen Eduard Weiß, dem Direktor der Wiener Sternwarte, verheiratet. Eine Tochter aus Tschermaks erster Ehe, Ida, war mit dem Botaniker Karl Grobбен verheiratet, und sein Sohn Armin, der Bruder von Erich, sollte später die Tochter des Geographen Albrecht Penck heiraten. Vgl. E. Tschermak (1958), S. 2f. & 7f.

11. Vgl. Becke (1928), S. ivf.

Unterrichtsministers, **Karl Ritter von Stremayr** (1823-?), auf ein neues Institut - zum Bleiben in Wien¹². Ein Standardwerk der Mineralogie für mehrere Jahrzehnte schuf **Tschermak** schließlich 1884 mit seinem *Lehrbuch der Mineralogie*.

Dies war nun allerdings nur die eine Seite des Mineralogen **Tschermak**. Sein Sohn **Erich** beschrieb ihn vor allem als einen künstlerisch und geisteswissenschaftlich interessierten Gelehrten, dessen Vorliebe für Bildhauerkunst, Malerei und Antiquitäten ihn mehrfach auf Reisen nach Italien führte und ihm die Bekanntschaft von Malern und Künstlern seiner Zeit brachte. Sein Haus im Währinger Cottage hätten weniger Mineralien und Gesteine geschmückt, als vielmehr Bilder und Antiquitäten. Sowohl seine zweite Frau **Hermine**, die Tochter **E. Fenzls**, als später auch seine Tochter **Silvia**, waren selbst künstlerisch tätig: seine Frau malte Aquarelle und seine Tochter war in jungen Jahren Schülerin des Wiener Kunstmalers und Professors **K. Karger** (1848-?). Hinzukam schließlich, daß **Silvia Tschermak** (wenn auch nur kurze Zeit) mit dem nicht ganz unbekannten (damals in Innsbruck wirkenden) Philosophen und Experimentalphysiologen **Franz Hillebrand** (1863-1926)¹³ verheiratet war. Nach dem Scheitern der Ehe kehrte sie ins Elternhaus zurück und wurde Schülerin ihres

12. Vgl. E. Tschermak (1958), S. 3f. Ein Grund für Tschermak, die Berufung abzulehnen, war auch die geringe Bezahlung in Göttingen: "Als der Antrag von Berlin kam, war ich vollständig bereit unter günstigen Bedingungen dahin zu gehen obgleich ich gefasst sein musste, in ein kleines Nest zu kommen. In Wien wirds ja doch in staatlicher Beziehung immer weniger schön, die Wirtschafft[!] in den Ministerien wird immer mehr türkisch und der Byzantinismus treibt die schönsten Blüten. Als aber das Berlin Ministerium mir nur wenig mehr als die Hälfte dessen bot, was ich hier beziehe, und als mir dieses als ein Maximum bezeichnet wurde, konnte ich, obwol Göttingen billiger als Wien, doch nicht ohne weiteres darauf eingehen, und nachdem ich mich mit erfahrenen Freunden darüber berathen, lehnte ich mit schwerem Herzen ab. Das hiesige Ministerium versprach mir wenn ich bliebe, meinen Wunsch von der Verwaltung des Hof-Mineraliencabinetes los zukommen, bald zu erfüllen". Tschermak an Groth, 6.3.1877 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 10). Tschermak wurde 1877 von der Leitung des Hofmineralienkabinetts entbunden. Das neue Institut am Maximiliansplatz wurde 1878 eröffnet; 1884 erfolgte der Umzug in das neue Hauptgebäude der Wiener Universität an der Ringstraße. Vgl. Becke (1928), S. iii. Zum Umzug und der neuen technischen Ausstattung (insbesondere Projektionsmöglichkeiten) seines Hörsaales siehe Tschermak an Groth, 20.10.1884 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 19).

13. Hillebrand war Professor für Philosophie und Experimentalphysiologie, zunächst in Prag, Graz und Innsbruck, schließlich in Wien.

Vaters sowie des bereits genannten Chemikers **E. Ludwig**¹⁴. Letzterer war - neben dem Chemiker **Ludwig Barth von Barthenau** (1839-1890), dem Meteorologen **Julius F. von Hann** (1839-1921), dem Anatomen **Salomon Stricker** (1834-1898) und dem Orientalisten **Leo Reinisch** (1832-?) - einer der Wiener Kollegen, mit denen **Tschermak**, so berichtete zumindest sein Sohn, wirklich befreundet war¹⁵.

Dieser geistesgeschichtliche Kontext manifestiert sich nun vor allem in einer Rede, die **Tschermak** am 30. Mai 1876 anlässlich einer feierlichen Sitzung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien hielt. Unter dem Titel *Die Einheit der Entwicklung in der Natur* diskutierte **Tschermak** einige der naturphilosophisch-weltanschaulichen Fragen seiner Zeit, so vor allem die Frage der anorganischen Entstehung des Lebens bzw. die Möglichkeit einer Urzeugung, die Auffassungen über die Entwicklung des Lebens bis zu den "Lehren des genialen Darwin", den Gegensatz von atomistischer und dynamischer Materieauffassung und die Probleme einer mechanistischen Erklärung der Lebensvorgänge. Dabei erwies **Tschermak** sich als gut vertraut mit diesen Problemen, und er schloß sich durchgehend den 'modernen' Theorien an. So unterstützte er, wie gesagt, die Lehre **C. Darwins**, zitierte **E. Haeckel** (1834-1919) und **H. Spencer** (1820-1903), er legte seinen Überlegungen die **Kant-Laplacesche** Theorie der Erdentstehung zugrunde und er trat - wenn auch mit Vorbehalt - für den Atomismus sowie die mechanistischen Deutungsversuche des Lebens ein¹⁶.

Bezüglich der Urzeugung (die er sehr wohl für möglich hielt) betonte er, daß diese auf der Erde selbst stattgefunden haben müsse. Wie schon **F. Zöllner** (1834-1882) richtig festgestellt habe, bedeute die Annahme, daß das erste Leben durch Meteoriten von anderen Himmelskörpern auf die Erde gelangt sei, letztlich keine Lösung, sondern nur eine Verlagerung des Problems. **Tschermak** lehnte diese Annahme aber vor allem auch wegen seiner eigenen Arbeiten über die Meteoriten ab. Er hatte sich seit 1870 intensiv mit dem Studium des Mineralgehaltes und der inneren

14. Vgl. E. Tschermak (1958), S. 4-6.

15. Vgl. E. Tschermak (1958), S. 5.

16. Vgl. Tschermak (1876), hier vor allem S. 5 & 7. Weitere Belege für Tschermaks durchaus fundierte Kenntnis der zeitgenössischen Naturwissenschaften (einschließlich ihrer philosophischen Implikationen) finden sich in Tschermak (1893), S. 31f. & 34.

Struktur von Meteoriten des Hofmineralienkabinetts befaßt. Die Arbeiten ließen **Tschermak** auf eine vulkanische Entstehung der Meteoriten schließen. Er entwickelte eine Theorie, derzufolge Meteoriten Objekte sind, welche von kleinen Himmelskörpern durch vulkanische Aktivität - genauer gesagt: durch die Explosion von Gasen - ausgestoßen wurden. 1877 baute er diese Theorie (unter Einbeziehung der **Kant-Laplaceschen** Theorie) zu seiner Hypothese vom kosmischen Vulkanismus aus. Wenn also die Meteoriten gewissermaßen 'vulkanische Auswürflinge' sind, so kämen sie für den 'Transport' von Organismen kaum in Frage¹⁷.

Grundlage einer Erklärung der Urzeugung habe so vielmehr die "Idee der Natureinheit" zu sein, jenes "helfende Princip", welches die "Natur zu einem Ganzen" zusammenfüge und deshalb als "Maxime der Forschung" zu nehmen sei. Sie erst konstituiere die Natur als ein Gewordenes bzw. den Zusammenhang und die Wechselwirkungen zwischen der organischen und der anorganischen Natur¹⁸. **Tschermak** sprach hierbei auch von einem "Erdorganismus", allerdings im wesentlichen deshalb, weil es schwierig sei, überhaupt ein "Wort zu finden, welches die Bewegungs- und Entwicklungserscheinungen der Erde, als von einem Individuum ausgehend, umfasst, das keine Organe besitzt" - es sei denn, man würde sie eine "grosse Zelle" oder, mit **G. T. Fechner** (1801-1887), "ein riesiges Infusorium" nennen¹⁹. Die Erde wurde also nicht tatsächlich als Organismus angesehen; vielmehr ging es **Tschermak** darum, gewissermaßen die 'Grenze' zwischen anorganischer und organischer Natur aufzulösen. Wenn es "einen Zusammenhang zwischen dem Lebendigen und dem, was wir unbelebt nennen, gibt", d. h. wenn eine Urzeugung jemals möglich gewesen sein sollte, so müsse der "Lebenstrieb, der Organisationstrieb, schon im Stoffe liegen, wie im Samenkorn das künftige Leben

17. Vgl. Tschermak (1876), S. 6f. Vgl. auch Tschermak (1877), hier insbesondere S. 13-7. Vgl. ferner Becke (1928), S. vif. Im einzelnen entwickelt hatte Tschermak diese Theorie vor allem in seinem Werk "Die Bildung der Meteoriten und der Vulkanismus" (Wien, 1875). Ein weiteres wichtiges Ergebnis seiner Studien über Meteoriten war die Arbeit über "Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten" (Wien, 1883).

18. Vgl. Tschermak (1876), S. 30. Eigentlicher Ausgangspunkt wiederum dieser Einheitslehre war Tschermak "das Princip der Erhaltung der Kraft", d. h. der Satz, daß die Welt durch sich selbst wirke und von aussen nichts hinzukomme. Vgl. Tschermak (1876), S. 26f.

19. Vgl. Tschermak (1876), S. 8f.

schlummernd enthalten ist"²⁰. In diesem Sinne sprach er von einem Übergang des "scheinbar Unbelebten zu dem Lebendigen" oder - ebenso wie **C. G. Bischof**, aber sehr viel bestimmter als dieser (vgl. Kap. B. 3. 1.) - von einem "schwachen, aber durch geologische Zeiträume dauernden Stoffwechsel" der Gesteine²¹.

Wenngleich **Tschermaks** Überlegungen hier an manche romantische Formulierung erinnern, so dachte er doch in erster Linie an neue empirische Erkenntnisse, etwa die von den Chemikern nachgewiesenen Analogien im Bau organischer und anorganischer Verbindungen oder die von den "Agronomen" gezeigte Möglichkeit der "Feinerde, ... aus einfacheren Verbindungen complicirtere zu bilden"²². Und vor allem verwies er auf die Arbeiten des englischen Chemikers **T. Graham** (1805-1869) zur Kolloidchemie. In dem "colloidalen Zustande" von Substanzen liege "ein deutliches Fortschreiten zu dem eigentlich und sichtbar Organisirten", und "mittels der atomistischen Vorstellung" sei es möglich, sich "klar zu machen, wie in dem todtscheinenden Stoffe schon eine Tendenz zur Organisation enthalten ist": Die Anfänge dessen, was wir Leben nennen, steckten, wie dies schon **E. Haeckel** formuliert habe, "in den Kohlenstoffatomen, den Wasserstoff-, den Sauerstoffatomen, überhaupt im Stoffe"²³.

Hier erscheinen jetzt auch die bekannten, mit dem Entwicklungsgedanken zusammenhängenden Analogien und Fortschrittsideologien des 19. Jahrhunderts: der Vergleich des menschlichen Organismus mit einem Staat (**R. Virchows** "Zellenstaat") oder auch mit einer Maschine, in dem jeder Teil, nach dem Prinzip der Arbeitsteilung, seine bestimmte, dem Ganzen dienende Funktion hat; und im Anschluß an **H. Spencer** wollte er nicht ausschließen, daß sowohl der menschliche Geist als auch die ethischen und ästhetischen Anlagen des Menschen Produkt eines (natürlichen) Entwicklungsprozesses sind²⁴.

Im Hinblick auf diese empirischen Grundlagen seiner Überlegungen stellte **Tschermak** dann allerdings ausdrücklich fest, daß die entwicklungsgeschichtliche Betrachtung zwar durch diese gestützt werde, daß sie aber selbst nicht aus der Erfahrung geschöpft sei. Der Ausgangspunkt der "Einheitslehre" - die

20. Vgl. Tschermak (1876), S. 12.

21. Vgl. Tschermak (1876), S. 7 & 10.

22. Vgl. Tschermak (1876), S. 10f. & 14f.

23. Vgl. Tschermak (1876), S. 17.

24. Vgl. Tschermak (1876), S. 20-4.

Annahme, daß die Welt durch sich selbst wirke und von außen nichts hinzukomme, welche "neuerdings als das Princip von der Erhaltung der Kraft verkündet wurde" - könne nicht durch Anschauung gewonnen werden. Diese Annahme gehöre vielmehr zu jenen "Axiomen, zu jenen unbegreiflichen Principien", von denen jede Forschung auszugehen habe. Und so ende nicht nur der Versuch, "die Natur durch das Werden zu begreifen, mit "einem Unvorstellbaren". Vielmehr nehme sich letztlich alle Naturforschung

"einen Genius auf den Weg, der ausser dem Kreise der Anschauung geboren ward. Jede Betrachtung des Naturganzen beginnt mit dem übersinnlichen Begriff der Ewigkeit und schliesst mit demselben. ... Jeder Weg durch die Natur führt uns vom Geiste aus durch eine Welt von anschaulichen Bildern zurück zum Geiste, von der Idee zum Idealen"²⁵.

Schlagwortartig - und auch mit Bezug auf **Groths** 'Realismus' - zusammengefaßt, könnte man die von **Tschermak** hier dargelegten Ideen über die *Die Einheit der Entwicklung in der Natur* als die Position des 'Naturalismus' bezeichnen, wobei dieser Begriff jetzt - im Gegensatz zum Begriff des 'Realismus', welcher primär in einer pragmatischen Bedeutung gemeint ist - durchaus in seiner literaturhistorischen Bedeutung verstanden werden darf²⁶. Der literarische Naturalismus hatte seine wesentlichen Wurzeln gerade in jenen Theorien und Hypothesen zur Evolution, zum Atomismus und zum Verhältnis von 'realer und idealer Welt', welche in den 50-er und 60-er Jahren von **Fechner**, **Spencer**, **Darwin** und **Haeckel** entwickelt²⁷ und hier von **Tschermak** übernommen wurden. Für **Tschermak** galt, was 1887 der Schriftsteller **W. Bölsche** (1861-1939) in seiner Schrift *Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Poesie*, gewissermaßen der Programmschrift des frühen deutschen Naturalismus²⁸, als das "realistische Ideal"²⁹ formulierte:

g.

25. Tschermak (1876), S. 29.

26. Damit hat der Begriff dann auch Bezug auf den philosophischen Naturalismus, was hier jetzt allerdings nicht weiter ausgeführt werden soll. Vgl. hierzu etwa Armstrong (1984), hier S. 83f.

27. Vgl. Braakenburg (1976), S. 87f. Vgl. auch Bölsche (1887), S. 53-5.

28. Zu Bölsche und der literaturhistorischen Bedeutung der genannten Schrift vgl. Braakenburg (1976), hier vor allem S. 84-7.

29. Der scheinbare begriffliche Widerspruch, daß Bölsche hier von dem "realistischen" (und eben nicht dem 'naturalistischen') "Ideal" sprach, erklärt sich dadurch, daß er selbst den Begriff Naturalismus in der Regel nicht verwendete, sondern eben durchgängig den des "Realismus".

"...: der Realismus hat gar kein Interesse daran, allenthalben mit der Präntention des durchaus 'Neuen' aufzutreten. Seine wesentlichste Mission ist, zu zeigen, dass Wissenschaft und Poesie keine principiellen Gegner zu sein brauchen. Das kann aber ebenso gut geschehen, in dem wir wissenschaftlichen Factoren in der Dichtung zu ihrem Rechte verhelfen, wie gelegentlichen Falles auch, indem wir einen Zugang zum Idealen in der Wissenschaft nachweisen. Nur allein das Metaphysische muss uns fern bleiben. Das Streben nach harmonischem Ausgleich der Kräfte, nach dauerndem Glück ist in jeder Faser etwas Irdisches"³⁰.

Die Nähe **Tschermaks** zum (literarischen) Naturalismus wäre nun eigentlich noch etwas weiter zu differenzieren. Auf der einen Seite zeigt seine Position gewisse 'monistische Tendenzen', und er wirkte eben im "neuen Österreich", wie es sein Landsmann und Zeitgenosse, der Schriftsteller **Hermann Bahr** (1863-1934) beschrieben hat³¹. 1884 richtete **Tschermak** sein Institut im neuen Hauptgebäude der Universität an der Wiener *Ringstraße* ein, dort also, wo das "neue Wien" sein 'modernes Gesicht' am deutlichsten zeigte³². Auf der anderen Seite verweist **Tschermaks** Denken - und insbesondere dann seine Mineralogie und Geologie - doch in wesentlichen Punkten noch auf die romantisch-idealistische Naturforschung des vorrevolutionären Deutschlands (s. u.). **Tschermak** stand nur bedingt für jenes "neue Österreich", das sich als modernen und selbständigen (d. h. vor allem: von Deutschland unabhängigen) Staat verstand. Vielmehr ist er im Kontext der Vorgeschichte der sogenannten "zweiten Aufklärung" im Wien der Jahrhundertwende zu sehen, welche unmittelbar an die liberale Tradition von 1848 (und damit an das Ziel eines mit Deutschland vereinigten Österreich) anknüpfte, welche aber letztlich der Moderne - wie sie etwa von dem zwanzig Jahre jüngeren, seit 1885

30. Bölsche (1887), S. 50f.

31. Siehe hierzu auch die beiden als Motto vorangestellten Zitate von H. Bahr und A. Brezina. Vgl. ferner Bahr (1897).

32. Das neue Hauptgebäude der Wiener Universität an der Ringstraße wurde 1884 eröffnet, und seitdem war hier auch das mineralogische Institut untergebracht. Vgl. Rundgang (1995), S. 38f. Hermann Bahr, der österreichische Schriftsteller und Zeitgenosse von Tschermak und Becke, hat diese Ringstraße, dieses "falsche Wien" beschrieben: "Blindwütige Modernität" hat Bahr der Ringstraße bescheinigt, eine Modernität, hinter der aber immer noch das "geschichtliche", das "wirkliche Wien, das verborgene" zu entdecken sei, von dem die "neuen Wiener" seit 1866 (dem Krieg gegen Preußen und der daraus resultierenden endgültigen Festschreibung der Trennung von Deutschland) nichts mehr wissen wollten. Vgl. H. Bahr: Selbstbildnis. Berlin 1923. S. 104-8, hier zit. nach Wunberg (Hrsg.) (1981), S. 106-12, hier S. 106f.

in Wien wirkenden **S. Freud** (1856-1939) verkörpert wurde - nicht standhalten konnte³³.

Dies erklärt dann auch das Verhältnis der Mineralogie **Tschermaks** zu derjenigen **Groths**. Obwohl **Tschermak**, wie gleich zu zeigen sein wird, in einzelnen Punkten der Moderne deutlich vorgriff, so erscheint - aus heutiger Sicht - doch letztlich **Groth** als der 'modernere Mineraloge'. **Tschermak** hat dessen Programm der Chemischen Kristallographie nie wirklich aufgegriffen. Wenngleich er sich später von der **Grothschen** CK, als einer "statistischen Übersicht" über die chemische Zusammensetzung und die Kristallform der Mineralien, auch Einsicht in mögliche gesetzmäßige Beziehungen dieses Zusammenhangs versprach³⁴, so galt sein Interesse doch immer den 'natürlichen Verwandtschaften' der Mineralien. Und er hat die **Grothsche** Mineralogie (im Gegensatz zu diesem selbst) auch nicht nur als ein 'empirisch-pragmatisches' Programm verstehen wollen. In **Groths** *Physikalischer Krystallographie* (1876) etwa sah **Tschermak** zu allererst einen Beitrag dazu, "die philosoph.[ische] resp.[ective] logische Bildung zu heben, so dass die Leuten^{LS} sich angewöhnen richtig zu schliessen und zu erkennen dass die Forschung nicht auf den Zufall sondern auf den Zusammenhang in d.[er] Natur gerichtet sei"³⁵.

Die Gegensätze zwischen **Groth** und **Tschermak** manifestierten sich nicht zuletzt auch in ihren Auffassungen über den Zweck der akademischen Studien. **Groth** hatte die 'moderne Mineralogie' ganz bewußt von der alten naturhistorischen Mineralogie und überhaupt den Geowissenschaften abgegrenzt. Nur als - vor allem auf die Erlernung praktischer Fähigkeiten ausgerichteter - Teil bzw. als 'Hilfswissenschaft' der (technischen) Chemie glaubte er deren Fortbestand in der 'modernen Welt' sichern zu können (vgl. Kap. B. 1. 2.). **Tschermak** dagegen betonte in einer Rede über die "akademischen Studien", welche er anlässlich seiner Übernahme des Rektorats der Universität Wien im Jahr 1893 hielt, vor allem die Notwendigkeit der 'Rettung des alten studium generale'. Er wandte sich - ganz im Sinne des Naturalismus - keineswegs gegen die Errungenschaften des modernen Studiums: Spezialisierung,

33. Vgl. etwa Le Rider (1989), S. 484f. & 487. Vgl. auch Rovan (1995), S. 497f.

34. Vgl. Tschermak (1903), S. 399.

35. Tschermak an Groth, 1.4.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 3).

frühzeitige praktische Ausbildung bzw. eigenständige Forschung usw. Auch mochte er nicht der alten Naturphilosophie das Wort reden: deren Unterlegenheit gegenüber der induktiven Methode der Naturwissenschaften stand auch für ihn außer Zweifel³⁶. Eine Aufgabe der Universität müsse es aber auch sein, dem "akademischen Bürger" alles das zuteil werden zu lassen, "was ihn befähigt, seinen Blick für alle Erscheinungen des menschlichen Lebens zu schärfen, seine Fähigkeit für die Aneignung neuer Gebiete des Denkens zu erhöhen, seine Weltanschauung zu erweitern und zu vervollständigen"³⁷. Besonders betonte er auch - wiederum im Sinne des Naturalismus - die Notwendigkeit einer künstlerischen Ausbildung (im Malen und Zeichnen) der Studierenden, d. h. die Notwendigkeit, auch bei den "Jüngern der Naturwissenschaft" den "plastischen Sinn, das Formgefühl, das Farbenurtheil" zu fördern³⁸.

Aus diesem kurzen Vergleich zu **Groth** ergibt sich, daß die ideengeschichtlichen Wurzeln der **Tschermakschen Mineralogie**, wie bereits angedeutet, in einer von der **Grothschen Chemischen Kristallographie** deutlich verschiedenen Kultur der Mineralogie zu suchen sind, nämlich in der der chemischen Geologie des Deutschlands von vor 1848, und das heißt: in der *Chemischen und physikalischen Geologie C. G. Bischofs*. Auf **Bischof** hat **Tschermak** sich später in seinem *Lehrbuch der Mineralogie* ausdrücklich berufen. **Bischof** sei der erste gewesen, welcher die Entwicklungsgeschichte der Minerale als einen wichtigen Zweig der Naturerkenntnis hervorgehoben und durch eigene Arbeiten sowie durch Vergleichung fremder Beobachtungen das beständige Werden und Vergehen im Bereiche der Erdrinde beleuchtet habe³⁹. Konkret wird diese Abhängigkeit etwa in **Tschermaks** Bewertung der (eben gerade von **Bischof** betonten) Rolle der Pseudomorphosen für die (Entwicklungs)Geschichte der Mineralien: Obwohl die oberflächliche Betrachtung der "Steinwelt den Eindruck des Ewigen und Unveränderlichen hervorrufe, so genügten doch "wenige Beobachtungen an Pseudomorphosen, um die Wandelbarkeit der

36. Vgl. Tschermak (1893), S. 20f. & 28f.

37. Vgl. Tschermak (1893), S. 22.

38. Vgl. Tschermak (1893), S. 37f. Zur Bedeutung der Verbindung von Kunst und Wissenschaft im Naturalismus vgl. dann auch Braakenburg (1976), S. 87f.

39. Vgl. Tschermak (1885), S. 6. Zu Bischofs chemischer Geologie vgl. vor allem Kap. B. 3. 1.

Minerale zu erkennen" bzw. zu sehen, daß auch im Mineralreich ein "Werden und Vergehen" herrsche⁴⁰.

Wenn **Tschermak** sich so explizit an **Bischof** anschloß, so stand er doch mit seinen - nur zehn Jahre nach dem Erscheinen des (abgesehen von dem postum 1871 veröffentlichten Supplement-Bandes der zweiten Auflage) letzten Bandes der *Chemischen Geologie* **C. G. Bischofs** bzw. der *Geschichte der Erde* **F. Mohrs** verfaßten - Ideen von der Entwicklung in der Natur bzw. mit seiner Mineralogie der Moderne zumindest in einem Punkt näher. Dies ist sein - jetzt eben nicht mehr nur von der romantisch-idealistischen Vorstellung eines "Fortschreitens der Bildungen in der Natur"⁴¹, sondern vor allem von den Theorien **Darwins**, **Haeckels** oder auch **Spencers** geprägtes - 'evolutionistisches Weltbild'. Auch **Bischofs** Interesse hatte dem "Werden und Vergehen" in der Natur gegolten. Die Frage allerdings, wie weit dieses "Werden" zugleich eine Weiter- oder gar Höherentwicklung der Natur darstellte, hatte er nicht beantworten wollen. **Tschermak** dagegen verstand die Entwicklung der Natur in diesem Sinne, und eine solche 'Evolution' nahm er auch für das Mineralreich an.

Es sei offensichtlich, daß die "aus früheren Bildungsepochen der Erde herrührenden Minerale" sich im Laufe der Zeit verändert haben und zum Teil auch heute noch veränderten; neue Produkte seien entstanden, die von den ursprünglichen Mineralien "bald durch die chemische Zusammensetzung, bald durch die Form, durch die Textur verschieden sind". Hinzukomme, daß durch die "Reste der Organismen" den Erdschichten neue Verbindungen "einverleibt" würden, und auch der "Transport der Gesteinsfragmente nach neuen Lagerstätten" bringe "Substanzen zur Vereinigung", welche so niemals verbunden waren⁴². Insbesondere diese sedimentären Prozesse also bringen "neue Producte" hervor und tragen zur Erhöhung der "Mannigfaltigkeit" im Mineralreich bei. Und eben diese "fortdauernde Zunahme der Mannigfaltigkeit" könne "als Entwicklung des Mineralreiches bezeichnet werden"⁴³.

40. Vgl. Tschermak (1885), S. 280. Vgl. auch Tschermak (1878), S. 17. Zur Rolle der Pseudomorphosen bei der Erklärung der Entstehung der Feldspäte vgl. ferner Tschermak (1864), S. 599.

41. Vgl. hierzu etwa Buch (1806), insbesondere S. 7-12.

42. Vgl. Tschermak (1885), S. 280f.

43. Vgl. Tschermak (1885), S. 281. Und diese Entwicklungsgeschichte wird bewußt als eine 'Entwicklung der Gattung', nicht der einzelnen Art bestimmt. Die "Bildungsgeschichte des einzelnen Mineralen" gehöre zwar "in den Kreis der Entwicklungsgeschichte des Mineralreiches", doch lasse sich bei der Bildung des einzelnen Mineralen "gewöhnlich kein Fortschritt vom Einfachen zum Zusammengesetzten und

Das 'evolutionistische Weltbild' machte sich nun bei **Tschermak** nicht nur dort geltend, wo er explizit vom Werden und der Entwicklung der Natur sprach. Es ist vielmehr implizit auch für seine Arbeiten über die Silikate bestimmend geworden, und hierbei besonders für seine 1864 - also zwölf Jahre vor dem oben besprochenen Vortrag - dargelegte Auffassung der *Feldspathgruppe*, genauer gesagt: der Plagioklase, als einer kontinuierlichen Reihe von Mischkristallen.

Die "Feldspathfrage", das Problem der Bestimmung und der Klassifikation dieser in der Natur weit verbreiteten Gruppe von Mineralien⁴⁴, hat die Mineralogen seit dem Beginn der 20-er Jahre des 19. Jahrhunderts beschäftigt. An ihrem Beginn stand **G. Rose**. Nachdem bis dahin lediglich der gewöhnliche Kalifeldspat (Orthoklas) und der Adular, später auch der Labrador besser bekannt waren, beschrieb zuerst **G. Rose** die beiden anderen der wichtigsten Feldspäte, den Albit und den Anorthit als eigene Arten. 1823 stellte er durch kristallographische Messungen fest, daß unter den "Krystallen^g...", die man bisher zum Feldspath gezählt hatte", ... vier Gattungen enthalten sind, die sich sowohl in kristallographischer als chemischer Hinsicht bestimmt unterscheiden, in der erstern jedoch eine nicht verkennbare Analogie zeigen", nämlich der "eigentliche Feldspath" (Kalifeldspat), der Albit, der Labrador und der Anorthit⁴⁵. Bei den drei letzteren steht der Labrador gewissermaßen chemisch in der Mitte; in der Kristallform kämen sie überein, und Albit und Labrador unterschieden sich vom Anorthit "nur durch abweichende Winkel"⁴⁶. 1826 fügte **A. Breithaupt** dieser Reihe noch den Oligoklas hinzu⁴⁷.

Mannigfaltigen erkennen". Das einzelne Mineral habe "in diesem Sinne keine Entwicklung", wenngleich diese Bezeichnung auch öfters angewandt werde, "besonders um die indirecte Bildungsweise auszudrücken". Vgl. Tschermak (1885), S. 282.

44. In heutiger Formulierung geht es um die Feldspäte der Plagioklas-Reihe (Albit-Oligoklas-Andesin-Labradorit-Bytownit-Anorthit) und die der Alkalifeldspäte (dies ist im wesentlichen der Orthoklas; die Mischungsreihe ist hier allerdings komplizierter, da sie auch von der Temperatur abhängig ist). Die chemischen Formeln für die Endglieder der Feldspäte sind: Orthoklas (KAlSi_3O_8), Albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), Anorthit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$).

45. Vgl. G. Rose (1823), S. 173-5 (Herv. orig.). Vgl. auch Breithaupt (1826), S. 79.

46. Vgl. G. Rose (1823), S. 208.

47. Vgl. Breithaupt (1826). Zu diesen Arbeiten von Rose und Breithaupt vgl. auch Tschermak (1864), S. 566f.

Während **Rose** und **Breithaupt** den Weg vorzeichneten, der für die nächsten ca. 40 Jahre bestimmend bleiben sollte - eben den Versuch der definitiven Unterscheidung der natürlichen Feldspatarten -, hat **J. F. C. Hessel** im gleichen Jahr, in dem **Breithaupt** seinen Oligoklas bekannt machte, den anderen Weg angedeutet. Er suchte eine chemische Formel für alle Feldspäte zu finden, und hat eine solche (zweigliedrige) chemische Formel auch formuliert, derzufolge etwa der Labradorit als bestehend aus einem Teil Albit und 3 Teilen Anorthit aufzufassen sei⁴⁸. Implizit hat er damit 1826 erstmals den Gedanken ausgesprochen, daß die übereinstimmend kristallisierten triklinen "Mineralspezies" Albit, Oligoklas, Andesin, Labradorit und Anorthit die Glieder einer isomorphen Mischungsreihe sind⁴⁹.

Zehn Jahre später formulierte auch der Münchner Chemiker und Mineraloge **J. N. Fuchs** (1774-1856) die Idee der Mischkristalle in einem Manuskript über die *Claßification der Mineralien* (datiert: 18. Januar 1837). Er diskutierte nicht speziell die Feldspäte, aber er machte deutlich, daß eben die Annahme der Existenz von Mischkristallen nicht nur ein methodisches Problem der Mineralogie war. Es hatte vielmehr auch eine naturphilosophische Dimension, insofern als man hierbei mit der klassischen (aristotelischen) Definition des Wesens bzw. der Natur der Dinge in Schwierigkeiten geriet. Dieser entsprechend sind Übergänge einer Art in eine andere bzw. "Zwischenglieder" nicht zulässig. **Fuchs** bestimmte zunächst den Begriff der Mineralspezies als "Inbegriff von Mineralien", welche in den Merkmalen, die ihre "spezifische Differenz" ausmachten, nämlich "der Krystallisation

48. Vgl. Hessel (1826), S. 329. Vgl. auch Breithaupt (1826), S. 81; Groth (1926), S. 220; Arzruni (1893), S. 348.

49. Wenn hier der Beginn der Diskussion um das Problem der Mischkristalle mit den 20-Jahren des 19. Jahrhunderts bestimmt wird, so muß daran erinnert werden, daß hier lediglich von der Reihe der Feldspäte die Rede ist. In dieser eingeschränkten Bedeutung beginnt die Diskussion um die Mischkristalle mit **Rose** und **Breithaupt**, da eben erst durch diese mehrere verschiedene Feldspatarten konkret definiert worden waren, d. h. erst mit dieser Unterscheidung konnte die Frage 'Mischkristalle oder spezifisch verschiedene Arten' hinsichtlich der einzelnen Feldspäte sinnvoll werden. In ihrer weiteren Bedeutung - d. h. als die Idee, daß die Mineralien chemisch nicht 'eindeutig definierbar' sind, sondern oft Beimengungen oder 'fremde Bestandteile' enthalten bzw. manche Mineralien chemisch gewissermaßen Mischungen innerhalb bestimmter 'Grenzen' darstellen - ist die Idee der Existenz von Mischkristalle dagegen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts keineswegs selten. Vgl. hierzu vor allem Schütt (1984), S. 98-123.

u.[nd] chemischen Constitution übereinkommen"⁵⁰. Übereinstimmung bedeute dabei zwar nicht "vollkommene Identität", d. h. "Abweichungen" in dem einen oder anderen Merkmal könnten durchaus auftreten. Allerdings würden diese "Abweichungen" dann doch immer durch andere Merkmale wieder "ausgeglichen oder gleichsam aufgehoben"⁵¹.

Letzteres gelte insbesondere für das sogenannte "Vicariieren gewisser Bestandteile" in manchen (ansonsten gleichen) Mineralien: Hier hätten wir Mineralien einer Spezies vor uns, womit **Fuchs** - zumindest in gewissen Grenzen - zur Idee von (isomorphen) 'Mischkristallen' gelangte. "Vicariieren der Bestandtheile" bedeute, daß die Mineralien chemische Beimengungen enthielten, wobei die "Krystallisation" entweder "ganz dieselbe bleibt", oder nur

"kleine, mit dem Vicariieren sich etwas ändernde Winkelperschiedenheiten, eintreten. In dieser Hinsicht gibt es bald größere, bald kleinere Reihen von Mischungen, welche durch Austausch gewisser Bestandtheile in unbestimmten Verhältnissen sich ineinander verlaufen mit Beibehaltung der nämlichen Krystallisation in der Hauptsache. Es scheint, ..., daß hierbei keine bestimmte Sprünge statt haben, sondern daß diese Mischungen von einem Grenzpuncte bis zum andern ganz allmählig geschehen, u.[nd] so eine in die andere übergehen kann, was [sich] zwar noch nicht durchgängig nachweisen läßt, aber doch bei den meist[en] Mischungen dieser Art sehr wahrscheinlich ist"⁵².

Mischungen dieser Art (etwa der "Alaun, unter welchem Namen gegenwärtig sehr verschiedene Mischungen begriffen werden") seien also nicht durchgängig als eigenständige Arten anzusehen. Nur "gewisse Glieder einer solchen Reihe" seien als "distincte Specien" aufzufassen, und zwar "vorzüglich die Grenzmischungen". Die übrigen seien dagegen "als intermediäre Mischungen oder als

50. Vgl. Fuchs: Claßification der Mineralien (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.b), fol. 3r. In seinen gedruckten Arbeiten findet sich eine entsprechende Definition der Mineralspezies 1848: In der Mineralogie müsse, ebenso wie in anderen "naturhistorischen Doctrinen", der "Grundsatz" gelten, "daß jede Species ein völlig abgeschlossenes Ganzes bildet und ein Uebergang einer Species in eine andere durch Zwischenglieder nicht zulässig ist. - Die zu einer Species gehörigen Mineralien müssen übereinkommen in der chemischen Constitution und in der Krystallisation, welche die spezifische Differenz ausmachen". Vgl. Fuchs (1848), S. 248.

51. Vgl. Fuchs: Claßification der Mineralien (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.b), fol. 3r.

52. Fuchs: Claßification der Mineralien (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.b), fol. 5r (Herv. orig.). Weiter ausgeführt findet sich dies dann in Fuchs: Über den Begriff von unorg.[anischen] Species (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.c), fol. 2r-v.

Mischungsvarietäten" diesen eigentlichen Specien anzureihen⁵³. Allerdings wollte **Fuchs** eben solche Reihen nur bei vergleichsweise geringen Änderungen der chemischen Zusammensetzung zugestehen. Mineralien, bei denen "eines der Merkmale, welche die specifische Differenz ausmachen, ein ganz anderes ist", könnten dagegen "nach unserm Begriffe von Species nicht vereinigt werden"⁵⁴.

Hessels Hypothese, die Plagioklas-Feldspäte stellten eine isomorphe Mischungsreihe dar, war so immer lebendig geblieben. 1850 machte **C. Rammelsberg** darauf aufmerksam, daß sich - trotz inzwischen zahlreicher chemischer Analysen - nach wie vor für eine Reihe von Mineralien (Glimmer, Feldspat, Augit und Hornblende) kein "sicher verbürgte(r), allgemein passende(r) Ausdruck der chemischen Zusammensetzung angeben" lasse⁵⁵ (was eben auch nicht allein durch Isomorphie erklärt werden könnte). Insbesondere bei den Feldspäten wandte er sich gegen die herrschende Ansicht, wonach der monokline Orthoklas und die triklinen Mineralien Albit, Oligoklas, Labradorit und Anorthit als wohl individualisierte Verbindungen zu gelten hätten: Trotz der chemischen Verschiedenheit zeigten sie in den "physikalischen Merkmalen" doch auffallende Gemeinsamkeiten:

"Denn ein und derselbe Typus der geometrischen Form, kaum mehr differirend, als es bei isomorphen Körpern gewöhnlich ist, große Aehnlichkeit in ihrem ganzen physikalischen Verhalten vereinigt alle die Substanzen, welche wir im Allgemeinen Feldspath nennen, und es war fast nur der Chemiker, der eine Trennung derselben für nothwendig erachtete, als er fand, dass die einzelnen Glieder: Orthoklas und Albit, Oligoklas, Labrador und Anorthit, nicht etwa durch Vertretung einzelner Bestandteile als isomorphe betrachtet werden dürften, sondern eine stöchiometrisch verschiedene Zusammensetzung haben, insofern die Aequivalente der stärkeren Basen (der Alkalien

53. Vgl. Fuchs: Claßification der Mineralien (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.b), fol. 5v (Herv. orig.). Als ein Kennzeichen solcher Reihen nannte Fuchs auch, daß wir die zugehörigen Mineralien "in allen Verhältnissen zusammen krystallisieren lassen können".

54. In diesem Sinne stellten dann für Fuchs auch die (von der chemischen Konstitution her identischen) dimorphen und amorphen Mineralien verschiedene Arten dar. Bei den letzteren bestimme also allein die "chemische Constitution" die Spezies, welche für Fuchs (gegenüber der Kristallform) überhaupt (auch hinsichtlich der kristallisierten Körper) das größere Gewicht hatte; nur bei den dimorphen Körpern habe die Kristallform den Vorrang. Vgl. Fuchs: Claßification der Mineralien (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.b), fol. 3v. Vgl. auch Fuchs (1848), S. 248.

55. Vgl. Rammelsberg (1850), S. 449. Zum Problem der (isomorphen) Mischkristalle bzw. der Bestimmung von Spezies solcher Mischungen um die Mitte des 19. Jahrhunderts vgl. dann auch Rose (1852), S. 11f.

und der Kalkerde) und der schwächeren (der Thonerde) bei allen unveränderlich = 1:1 sind, die der Kieselsäure aber in dem Verhältniß von 4:6:9:12 sich ändern"⁵⁶.

Unabhängig von **Rammelsberg** entwickelte **W. Sartorius von Waltershausen** (1774-1838) ähnliche Gedanken. In seiner Arbeit *Ueber die vulkanischen Gesteine in Sicilien und Island ...* (1853) nahm er drei Arten von Feldspäten an, *Anorthit* (als ein basisches Silikat), *Albit* (neutrales Silikat) und den von ihm sogenannten *Krabit* (saures Silikat), wobei dann alle triklinen Feldspäte als Mittelglieder zwischen diese fallen bzw. als isomorphe Mischungen der beiden Endglieder *Anorthit* $[(Na_2,Ca)Al_2Si_2O_8]$ und *Krabit* $[(Na_2,Ca)Al_2Si_12O_{30}]$ anzusehen seien. Diese isomorphen Mischungen der Feldspäte seien aus abwechselnden Lamellen "gleichsam aus Steinen von *Anorthit* und *Krabit* oder aus *Anorthit* und *Albit* erbaut, von denen bald die einen, bald die anderen der Zahl nach vorherrschen". Diese "Art des Isomorphismus" nannte **Sartorius** "Gruppenisomorphismus, da nicht einzelne Atome, sondern Gruppen von Atomen einander zu vertreten im Stande sind"⁵⁷.

In Amerika hat 1853/54 auch **T. S. Hunt** - im Zusammenhang mit seiner Idee der chemischen Bestimmung bzw. Klassifikation der Mineralarten analog den homologen Reihen der Kohlenwasserstoffe (s. Kap. B. 1. 1. 1.) - eine solche Reihe der Feldspäte angenommen. Ausgehend von dem für ihn hierbei zentralen "Äquivalent-Volumen" ("equivalent volume") und der Dichte bzw. dem Äquivalent-Gewicht der Mineralien, sprach **Hunt** die Vermutung aus, daß alle Feldspäte "variable mixtures of albite and anorthite" sein könnten, ein Gedanke, der überhaupt bei der chemischen Bestimmung verwandter Arten immer im Blick behalten werden sollte. Und **Hunt** beanspruchte später auch hinsichtlich der Auffassung der Plagioklasse als einer Mischkristallreihe ganz explizit die Priorität gegenüber **Tschermak**⁵⁸.

56. Rammelsberg (1850), S. 450 (Herv. orig.). Vgl. auch Arzruni (1893), S. 275f.

57. Vgl. Sartorius von Waltershausen (1853), S. 16-104, hier S. 102. Sartorius' *Krabit* (ein von ihm in den Trachyten, Obsidianen u. a. vulkanischen Produkten Islands unterschiedener Feldspat mit 80 % Kieselsäure) entspräche sinngemäß dem Orthoklas. Er wurde allerdings von den meisten Mineralogen nie als selbständiges Mineral angesehen. Vgl. hierzu auch Pfaff (1860), S. 104f.; Arzruni (1893), S. 276; Strunz (1941), S. 251.

58. Vgl. Hunt (1853b), S. 438 & 443-5; vgl. auch Hunt (1853a), S. 431f. **Tschermak** hat **Hunt** dem Namen nach erwähnt, hat aber hinzugefügt, daß der Gedanke der Zurückführbarkeit der Feldspatarten auf wenige Grundgattungen zu dieser Zeit (eben durch Sartorius von Waltershausen, Rammelsberg u. a.) schon so weit entwickelt war, daß er bei **Hunt** schon "keines speciellen Beweises" mehr bedürftig war. Vgl. Tschermak (1864), S. 567.

Gewissermaßen eine Zusammenfassung des Diskussionsstandes in der "Feldspatfrage" kurz vor dem Erscheinen der Arbeiten **Tschermaks** gab **Friedrich Pfaff** (1825-1886), Professor für Mineralogie in Erlangen, in seinem *Grundriß der Mineralogie* (1860). Er bestimmte die Feldspäte als "späthige, d. h. deutlich in blättrigen Brüchen spaltbare Silicate, alle von ähnlichen Formen und ähnlicher chemischer Constitution", wobei sie allerdings in den einzelnen chemischen Bestandteilen eine "grosse Mannigfaltigkeit" zeigten. Bei der "ausserordentliche(n) Menge von verschiedenen Varietäten", die aber "alle in einander Uebergänge erkennen lassen", sei sowohl die chemische als auch die kristallographische Unterscheidung äußerst schwierig, doch ließen sich zumindest die wichtigsten und verbreitetsten noch am ersten von einander unterscheiden⁵⁹.

Wenn also in der bekannten Beobachtung der Übergänge der einzelnen Feldspat-Varietäten ineinander die Auffassung der Feldspäte als (isomorphe) Mischungen bestimmter Endglieder zumindest implizit vorgezeichnet ist, so wollte doch die Mehrzahl der Mineralogen einen solchen Schluß zunächst nicht ziehen.

Deren Bedenken hat wiederum **Pfaff** im Hinblick auf die drei Feldspatarten **Sartorius' von Waltershausen** (Anorthit, Albit, Krablit) formuliert:

"Wenn diese Dreitheilung der Feldspäthe auch vom rein chemischen Standpunkt aus gerechtfertigt erscheinen mag, so kann der Mineraloge sich damit aber nicht begnügen, indem er eben noch andere Kennzeichen und Verhältnisse zu berücksichtigen hat, als die chemischen, und die Natur ihm hinlänglich zeigt, dass gerade manche dieser Mittelglieder sich viel constanter und häufiger finden, als diese 3 mehr idealen Species"⁶⁰.

Indirekt machte **Pfaff** hier auch noch einmal - wie schon **Fuchs** - deutlich, daß die Frage nach der Klassifikation der Feldspäte nicht nur ein methodisches Problem war. Seine Bedenken richteten sich vor allem dagegen, daß der seit **Hessel** vorgezeichnete Weg implizit eine 'Auflösung der Natur' bedeutete: an die Stelle der von der Natur selbst vorgegebenen Mineralarten sollten 'künstlich' (d. h. chemisch und physikalisch)

59. Vgl. **Pfaff** (1860), S. 100. Die nun folgende Unterscheidung in "Feldspäthe des 2 und 1gliedrigen [monoklinen; B. F.] Systems mit Orthoklas, Adular, Amazonenstein (Mikroclin) und Sanidin bzw. des "1 und 1gliedrigen [triklinen] Systems" mit Albit, Periklin, Oligoklas, Andesin, Labrador und Anorthit entspricht der heutigen Unterscheidung zwischen Alkalifeldspäten und den Plagioklasen.

60. **Pfaff** (1860), S. 105 (Herv. B. F.).

'konstruierte' Mineralspezies treten. Und eben diesen Weg ist **Tschermak** gegangen, als er es 1864 unternahm, "eine merkliche Vereinfachung" in der Bestimmung und der Klassifikation der (zu seiner Zeit etwa 40 bekannten) Feldspatarten zu entwickeln. Er wollte zeigen, daß es (unter Vernachlässigung der beiden seltenen Arten Hyalophan und Danburit) möglich sei, alle diese Feldspatarten als "Gemenge dreier Feldspathsubstanzen" aufzufassen, d. h. "daß es also streng genommen nur drei Feldspatharten geben könne"⁶¹.

Dabei war **Tschermak** sich durchaus bewußt, daß die "Grundidee" dieser Vereinfachung nicht neu bzw. "auf chemischer Basis" schon verschiedentlich versucht worden war⁶². Wenn er deshalb eine "speziellere Eintheilung" der Feldspäte vorschlug, so nahm er für diese nicht in Anspruch, daß sie durchweg 'neu' war, wohl aber daß sie einen "anderen Sinn" habe:

"Diesselbe schliesst sich der bisherigen Eintheilung vollständig an, doch hat das neue System einen anderen Sinn. Es enthält keine Aufzählung und Abgrenzung der Species, sondern es theilt die ganze grosse Reihe der Feldspathe auf eine willkürliche, aber durch die bisherige Praxis bedingte Weise in mehrere gleiche Abschnitte"⁶³.

Die explizite Grundlage dieser neuen Einteilung der "Kalk-Natron-Feldspathe" waren jene, insbesondere von **H. Kopp** entwickelten Vorstellungen über das spezifische Volumen der chemischen Verbindungen bzw. die damit zusammenhängenden Überlegungen zum Isomorphismus, welche bereits im Zusammenhang

61. Vgl. **Tschermak** (1864), S. 566f. In zusammenfassender Darstellung (und dort vor allem auch mit Bezug auf das natürliche Vorkommen) finden sich Tschermaks frühe Arbeiten zu den Silikaten auch beschrieben in seiner (von der Wiener Akademie der Wissenschaften preisgekrönten) Schrift "Die Porphyrgesteine Österreichs aus der mittleren geologischen Epoche" (Wien, 1867). Zur Tschermaks Arbeiten über die Silikate, besonders eben die Feldspäte vgl. ferner **Arzruni** (1893), S. 275-9; **Groth** (1926), S. 216-20; **Yoder** (1994), S. 21.

62. Mit Ausnahme der Arbeiten von Hessel und Fuchs, hat Tschermak alle die bisher genannten Arbeiten angeführt, und er verwies ferner auf T. Scheerer und den französischen Geologen A. E. Delesse (1817-1881) als weitere Vorläufer seiner Idee. Vgl. **Tschermak** (1864), S. 567.

63. **Tschermak** (1864), S. 607. Diese (10) gleichen Abschnitte bezeichnete er als Adular-, Amazonit-, Perthit-, Loxoklas-, Albit-, Oligoklas-, Andesin-, Labradorit-, Bytownit- und Anorthit-Reihe. Wenn Tschermak hier auch auf die "Praxis" als einem Ausgangspunkt seiner neuen Einteilung verwies, so war damit eigentlich nur gemeint, daß die Auffassung der Feldspäte als Mischungsglieder sich bei deren "vorläufiger Bestimmung" (d. h. solange noch keine genauere chemische Untersuchung vorliegt) als die "praktischere" erweist. Vgl. **Tschermak** (1864), S. 606.

mit **Groth** dargestellt worden waren⁶⁴. **Tschermak** zeigte zunächst, daß bei entsprechender Schreibweise der Formeln für Anorthit und Albit - $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{16}$ bzw. $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Si}_4\text{O}_{16}$ - eine auffällige Übereinstimmung in der "atomistischen Constitution" der beiden Mineralien festzustellen sei. Diese Übereinstimmung versuchte er nun durch die Annahme der Isomorphie der beiden Endglieder zu erklären, indem hier nämlich die beiden Atome Si und Na (im Albit) durch Al und Ca (im Anorthit) ersetzt würden, analog der bekannten Isomorphie von Aragonit (CaCO_3) und Salpeter (KNO_3), was er dann im Folgenden durch Bestimmungen der spezifischen Gewichte bzw. der (spezifischen) Volumina zu belegen suchte⁶⁵.

Das eigentliche Problem bei dieser Annahme war, wie **Tschermak** selbst sah, daß hier nicht nur eine isomorphe Vertretung von Ca durch Na, sondern auch von Al durch Si postuliert wurde, wofür "sonst keine Beispiele vorlägen"⁶⁶. Wenn dabei auch die erstere noch - mit Bezug auf die Atomgröße - plausibel erschien, so schien dies für die Beziehung von Si und Al (aus demselben Grund) wenig wahrscheinlich. Hier kam **Tschermak** seine dynamische Materieauffassung zu Hilfe. Zwei Stoffe seien ja immer nur in Beziehung auf eine bestimmte Verbindung isomorph, d. h. die "Isomorphie" bilde "keine Eigenschaft der Stoffe an sich". Die "Atome" seien

"eben nicht wie Bausteine zu denken, sondern als Körper, die durch ihnen eigenthümliche Kräfte auf einander wirken. Die letzteren sind im Krystall im Gleichgewicht"⁶⁷.

Wenn also die Gleichgewichtslage in erster Linie auf einer solchen "gegenseitigen Einwirkung" beruhe, so sei es keineswegs ein Widerspruch, eine isomorphe Vertretung einzelner Atome und Atomgruppen in bestimmten Verbindungen anzunehmen, für welche ansonsten kein weiteres Beispiel vorliege⁶⁸. Hier näherte sich **Tschermak** jetzt also der Moderne am deutlichsten an. Wie später

64. Einige der frühesten Arbeiten Tschermaks sind die "Untersuchungen über das Volumgesetz flüssiger chemischer Verbindungen", wobei er sich dann vor allem mit Kopp auseinandersetzte. Vgl. etwa Tschermak (1860), hier S. 29-33. Vgl. auch Tschermak (1859); Kopp (1854).

65. Vgl. Tschermak (1864), S. 583-6. Vgl. hierzu auch Becke (1928), S. v. Die hier implizit ausgesagte analoge Rolle von Al und Si in den Silikaten sollte später vor allem V. I. Vernadskij in seiner Theorie der Silikate betonen. Vgl. Vernadskij (1901), hier S. 40-3.

66. Vgl. Tschermak (1864), S. 584.

67. Tschermak (1864), S. 584f.

68. Vgl. Tschermak (1864), S. 584f.

V. M. Goldschmidt (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.), begriff er die Isomorphie nicht mehr als gewissermaßen 'physische Eigenschaft' bestimmter Stoffe, sondern als Ergebnis einer 'Wechselwirkung' zwischen den einzelnen Bestandteilen einer Verbindung, oder anders gesagt: die stoffliche Natur der Bestandteile ist hierfür nur indirekt maßgeblich, entscheidend sind vielmehr deren 'Kräfte' bzw. die Kraftwirkungen, die die Bestandteile aufeinander auszuüben vermögen⁶⁹.

In naturphilosophischer Perspektive ließe sich so jener "andere Sinn", welchen das **Tschermaksche** System der Feldspäte erhielt, auch als eine 'neue Gewichtung' der relativen Bedeutung von 'Materie' und 'Form' hinsichtlich der Bestimmung der natürlichen Körper verstehen. Es waren ja vor allem die kristallographischen und physikalischen Eigenschaften, welche die Feldspäte als nahe verwandt hatten erscheinen lassen, während die Unterschiede in ihrer chemischen Zusammensetzung sie zu verschiedenen Arten zu machen schienen. Letztere stand im Verständnis seiner Vorgänger - etwa bei **Fuchs** - für die 'Natur' der Mineralien, welche deshalb bei der Bestimmung der Arten ausschlaggebend zu sein hatte. Bei **Tschermak** dagegen wurde diese 'Natur' konstruiert, sie wurde zur Funktion der

69. Implizit bedeutet dies auch eine neue ('moderne') Bestimmung des Verhältnisses von Kraft und Materie (vgl. hierzu dann auch Teil C.). Während etwa F. Mohr Kraft und Materie noch als zwar notwendig verbundene, dabei aber doch als zwei getrennte Dinge verstanden wissen wollte (vgl. Kap. B. 3. 2.), konnte Tschermak eine solche strikte Trennung nicht mehr akzeptieren. Mit Bezug auf Fechner und M. Faraday (1791-1867) will er die Atome eher als "Kraftzentren" ohne "räumliche Ausdehnung" verstanden wissen. Er vergleicht sie mit einem Planetensystem: "Die Schule nennt sie Atome und malt der dürftigen Vorstellung wohl Kugeln hin. Doch sind auch sie körperlos, sind lebensvolle Geister, zugleich gross und wirkend in ungemessene Ferne, zugleich klein, die Nachbarn fesselnd und schwingend in ewigem Reigen". Der "Unterschied zwischen den Atomen des Naturforschers und den übersinnlichen Atomen oder Monaden Leibnitz's[!]" sei also wohl "kein so wesentlicher, als er im ersten Augenblick scheinen mag". Vgl. Tschermak (1876), S. 26f. & 29. Allerdings blieb ihm diese 'Einheit von Kraft und Materie' doch letztlich auf den Bereich des Idealen beschränkt. Die Kraft gehöre zu jenen "Genien", die "ausser dem Kreise der Anschauung geboren" sind. Jede "Betrachtung des Naturganzen" habe zuerst "bei der allumfassenden Wirkung" anzuhalten, die sie in ein "Thätiges und ein Leidendes zerlegt, in Kraft und Materie". Zwar führe den Forscher der Gedanke "sehr oft in jenes Reich der unbegreiflichen Kräfte, in dem er nichts Körperliches mehr erblickt". Das "Wesen der Kraft" selbst allerdings sei "jeder Vorstellung entrückt. Nur das Materielle, das Stoffliche scheint immer anschaulich und greifbar zu bleiben". Vgl. Tschermak (1876), S. 29f. (Herv. orig.).

quantifizierbaren, physikalischen Eigenschaften. Im Sinne etwa der **Fuchss**chen Bestimmung des Begriffes einer Mineralart bedeutete dies die Auflösung des Begriffs von 'natürlichen Arten', d. h. der Vorstellung von durch die Natur selbst vorgegebenen Mineralindividuen. Die Endglieder der **Tschermak**schen Mischungsreihen waren 'hypothetische Mineralien', die in der Natur selbst nicht - oder zumindest nur in annähernd reiner Form - vorkamen. In diesem Sinne bezeichnete **Tschermak** selbst seine Einteilung als "willkürlich", und in diesem Sinne waren **Pfaff** die Endglieder der Feldspäte (wie sie **Sartorius** angenommen hatte) als bloß "ideale Species" erschienen (s. o.)⁷⁰.

Hier kam **Tschermak** sein 'evolutionistisches Weltbild' zu Hilfe, ähnlich wie ihm schon seine dynamische Materieauffassung über die Schwierigkeit der isomorphen Vertretung von Al und Si hinweggeholfen hatte. Indem er seine Reihe der Feldspäte auch genetisch interpretierte, versuchte er seine scheinbar 'künstliche Einteilung' nachträglich in eine 'natürliche' zu verwandeln. Unter der Idee einer einheitlichen Entwicklung der Natur konnte **Tschermak** die einzelnen Feldspäte - wie später auch eine Reihe anderer Silikate, so vor allem die Augite, die Hornblenden und die Glimmer - gewissermaßen zu 'Individuationen' eines allgemeinen, für alle Silikate gleichermaßen geltenden Bildungsprozesses erklären, zu 'Gliedern der großen Kette der Mineralien'. In diesem Sinne formulierte er 1876 die Übertragbarkeit des Entwicklungsgedankens auf die anorganische Natur:

"So wie die Erde als Ganzes betrachtet einen Lauf der Entwicklung erkennen läßt, so finden sich die entsprechenden

70. Im Falle der Feldspäte wird dieser Gedanke vielleicht nicht sofort deutlich, insofern als hier die Endglieder (Kalifeldspat, Albit, Anorthit) doch in der Natur in fast reiner Form vorkommen. Deutlicher wird dieses Prinzip deshalb in seinen späteren Arbeiten zu anderen Silikaten, etwa zum Glimmer, wo er sehr viel mehr auf die Annahme solcher 'hypothetischer Mineralien' angewiesen war. Vgl. Tschermak (1878; 1879). Vgl. hierzu auch Groth (1926), S. 221f. Die Glimmer beschäftigten **Tschermak** deshalb auch sehr viel länger. Schon 1876 sollte die Arbeit erscheinen. Obwohl die "chemischen Gesetze der Mischung .. wol[!] einfach" seien, gebe es "doch eine grössere Anzahl von Reihen", so daß die "Mannigfaltigkeit so gross" werde, daß er sie in seiner Arbeit kaum erschöpfen könne. Tschermak an Groth, 1.4.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 3). Insbesondere die "gar nicht übereinstimmenden Messungen am Muscovit" hätten ihn aufgehalten: "Jedes Individuum gibt andre Winkel. Es ist oft schwer Mineralog zu sein". Tschermak an Groth, 8.12.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 8).

Erscheinungen der auf- und abwärts schreitenden Umbildung auch im Kleinen an ihren einzelnen Theilen"⁷¹.

Dies also erlaubte ihm die Interpretation der Feldspäte als (isomorpher) Mischungsglieder bestimmter Endglieder (Albit und Anorthit), wobei diese Mischungsglieder in allen möglichen Verhältnissen auftreten könnten bzw. deren physikalische Eigenschaften eine Funktion des jeweiligen Anteils der Endglieder darstellten. Die Feldspäte wurden nicht als bestimmte Verbindungen nach einfachen Verhältnissen aufgefaßt, sondern als eine "continuierliche Reihe von Mischungen", in der alle denkbaren "Zwischenglieder" vorkommen können, und es gäbe, wie **Tschermak** ausdrücklich betonte, sehr viel "mehr Zwischenglieder, als man bisher vermuthete"⁷². Dies implizierte die Annahme weiterer, in der Natur bisher noch nicht nachgewiesener Verbindungen: die "continuierliche Reihe von Mischungen" komme in der Natur "wirklich" vor, und bei entsprechender feinerer Unterscheidung könnte man wohl eine "grosse Reihe von Arten" aufstellen⁷³. Die bisher noch unbekannten (möglichen) Feldspäte wären damit gewissermaßen als die 'missing links' in der Reihe der Feldspäte - bzw. in der 'Großen Kette der Mineralien' - zu verstehen: Von ihnen ist zu erwarten, daß sie - ähnlich wie die bisher noch unbekannten 'missing links' der 'Großen Kette der Lebewesen' - gewissermaßen in die bisherigen (scheinbaren) 'Lücken' der Feldspäte paßten. Die Zwischenglieder selbst wurden dann verstanden als im ~~A~~^Lllgemeinen zurückführbar auf mehr oder La weniger einfache Beziehungen zwischen den chemischen Grundbestandteilen, d. h. ausgehend von diesen Grundbestandteilen könnten sowohl die Zusammensetzung, als auch die Winkelwerte und das spezifische Gewicht jeder Mischung mit Hilfe einfacher Interpolationen unter Berücksichtigung der "Atomgrößen" berechnet werden⁷⁴: Die 'missing links' sind berechenbar geworden.

In diesem Sinne hat **Tschermak** dann versucht, seine spezielle Einteilung der Feldspäte, die er zunächst eben auf zehn (hypothetisch unterschiedene) gleiche Abschnitte gegründet hatte, auch genetisch zu begründen, d. h. sie mit ihrem natürlichen Vorkommen in Übereinstimmung zu bringen (wobei er sich jetzt

71. Tschermak (1876), S. 9.

72. Vgl. Tschermak (1864), S. 586f.

73. Vgl. Tschermak (1864), S. 587.

74. Vgl. Tschermak (1864), S. 582-7.

weitgehend in die klassischen Anschauungen einordnete). **Tschermak** unterschied drei verschiedene Arten des Vorkommens: das "Auftreten in frei ausgebildeten Krystallen" (welches er als "drusig" bezeichnete), das "Vorkommen in Gesteinen der Trachyt- und Basaltfamilie bei eigenthümlichem Ansehen (glasig)" sowie das "Vorkommen in den übrigen Gesteinen in eingewachsenen Krystallen oder derben Massen" (das "derbe" Vorkommen)⁷⁵. Implizite Grundlage dieser Unterscheidung war, daß **Tschermak** - im Anschluß etwa an **C. G. Bischof**, **G. Rose**, **G. H. O. Volger** (1822-1897) u. a. - für die überwiegende Mehrzahl der Feldspäte "eine Bildung durch Krystallisation aus wässriger Lösung" annahm. Eine 'freie, ungehinderte Bildung' von Kristallen sah er demnach im wesentlichen nur "auf Gängen und in Drusenräumen" gegeben, und tatsächlich fänden sich vor allem dort die "fast reinen Verbindungen" Adular, Albit und Anorthit, also die Endglieder der Feldspatreihe. Dort dagegen, wo die Lösung "massives Gestein" durchdringe, sei "jene freie Beweglichkeit der Theilchen mehr gehindert⁷⁶...", so dass sich die einzelnen Verbindungen oft gleichsam zwangsweise als Gemische anhäufen", und dort bildeten sich die "derben" Varietäten⁷⁶. Die Abtrennung schließlich der Feldspäte der Trachyte und Basalte als "glasige" Varietäten ergibt sich daraus, daß diese beiden Gesteine nach der Auffassung der Mehrzahl der Geologen seiner Zeit magmatischen Ursprungs waren. Und dieser Auffassung schien **Tschermak** sich, ohne dies ausdrücklich zu betonen, anzuschließen. Wenn aber jene Gesteine Schmelzprodukte sind, so ist es - wieder nach der klassischen Auffassung - durchaus einsichtig, daß die Mineralien dieser Gesteine (im Gegensatz zu denjenigen der neptunistisch gebildeten) ein gewisses 'glasiges' Aussehen haben müßten (womit nicht gesagt war, daß diese Mineralien nicht ebenso kristallin sind wie die anderen Feldspäte)⁷⁷.

75. Vgl. Tschermak (1864), S. 606-8; vgl. auch S. 597f.

76. Vgl. Tschermak (1864), S. 597f. Die Unterscheidung von 'freier' ("drusiger") und 'gehinderter' ("derber") Ausbildung ist zugleich der Grund dafür, daß bei Tschermak der (auf Gängen vorkommende und damit 'frei gebildete') Adular als das Endglied der Kalifeldspäte erscheint und nicht (wie heute) der "derbe", in seiner vollkommenen Ausbildung 'behinderte' Orthoklas.

77. Zu den klassischen Vorstellungen über die Bedingungen der Kristallisation (i. e. vorhergehende Lösung bzw. freie Beweglichkeit der Teile) und auch der glasigen Beschaffenheit von Mineralien und Gesteinen als Indikatoren magmatischer Bildung vgl. vor allem B. Fritscher (1991a), S. 21-52. Tschermak gelangte hier übrigens durchaus zu einem richtigen Ergebnis: Der Sanidin, den er als 'glasige Varietät' von Adular bzw. Orthoklas bestimmte (was er vor allem durch dessen Vorkommen in Laven begründete),

Tschermaks Theorie der Feldspäte blieb natürlich auch nicht unwidersprochen. **A. Des Cloizeaux** etwa erschien es noch 1879 unmöglich, daß der Labradorit aus zwei Teilen Anorthit und einem Teil Albit bestehen sollte⁷⁸. Einer seiner Einwände bezog sich auf das unterschiedliche sogenannte Sauerstoffverhältnis von Albit und Anorthit⁷⁹. **Tschermak** selbst, so berichtete er **Groth**, will ihm darauf schon 1876 brieflich geantwortet haben, daß "sein chem.[isch] theoret.[ischer] Einwand, ..., keinen Grund habe, weil die Sauerstoffverhältnisse Berzelius-Rammelsbergischen Angedenkens nicht in der Natur sondern bloss in den Köpfen mancher Mineralogen existiren". Aber, so vermutete er weiter gegenüber **Groth**, "solange das Mischungsgesetz d.[es] Feldsp.[aths] nicht von einem Franzosen entdeckt wird", könne man wohl mit **Des Cloizeaux** (und auch **Ch. Friedel**) nicht über Feldspat reden⁸⁰.

Ein konkretes Problem der **Tschermakschen** Reihe der Feldspäte war allerdings, daß sich der Kalifeldspat hier zunächst nicht einordnen ließ. **Tschermak** selbst hatte eine kontinuierliche Reihe bzw. eine "vollständige Harmonie der Form und des Mischungsverhältnisses" nur für die "Kalk-Natronfeldspathe" (bzw. die Plagioklase) postuliert. Zwar seien auch die verschiedenen Kalifeldspäte auf zwei Endglieder zurückführbar (Orthoklas bzw. Adular und Albit). Der konkrete Nachweis von Übergängen gestaltete sich hier im Einzelfall allerdings schwieriger (was seinen Grund auch darin hatte, daß zu dieser Zeit der triklin Alkalifeldspat, der Mikroklin, noch nicht bekannt war). **Tschermak** hat deshalb den Natriumgehalt des Orthoklas nicht auf eine isomorphe Vertretung des Kaliums zurückgeführt, sondern (mit Hinweis auf die durch **G. Rose**, **W. Haidinger**, **A. Breithaupt** u. a.

ist die Hochtemperaturform des Kalifeldspats, und er weist (bei rascher Abkühlung, ebenso wie der Hochtemperatur-Albit) eine ungeordnete (statistische) Verteilung von Al und Si in der Struktur auf.

78. Des Cloizeaux an Groth, 19.3.1879 (BSB-Hs: Grothiana X/Descloizeaux 3).

79. Ebenfalls u. a. mit Bezug auf das Sauerstoffverhältnis hatte auch **J. D. Dana** Bedenken gegen **Tschermaks** Reihe der Plagioklas-Feldspäte angemeldet. Vgl. J. D. Dana (1867a), S. 260; vgl. dazu auch J. D. Dana (1867b). Allgemein zum Problem des sogenannten (auf Berzelius zurückgehenden) Sauerstoffverhältnisses bezüglich der Silikate vgl. Groth (1926), S. 215f.

80. Tschermak an Groth, 1.4.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 3).

bekannten Verwachsungen von Orthoklas und Albit) als mechanische Durchwachsung mit Albit erklärt (eine entsprechende Erklärung gab er dann auch für den Kaligehalt der Plagioklase)⁸¹.

Einen wesentlichen Beitrag zur Durchsetzung der **Tschermakschen** Theorie bildeten dann vor allem die Arbeiten seines Schülers **M. J. Schuster** (1856-1887) über die "optische Orientierung der Plagioklase". Dieser konnte 1879 zeigen, daß die Kalknatronfeldspäte

"auch in optischer Beziehung eine analoge Reihe (bilden), wie nach allen ihren anderen Eigenschaften, und zwar scheint jedem bestimmten Mischungsverhältnisse der Grenzglüeder auch ein bestimmtes optisches Verhalten zu entsprechen, welches demgemäss bald mehr an den Albit, bald mehr an den Anorthit erinnert"⁸².

Der erste, welcher dann ganz explizit eine Isomorphie aller Feldspäte (d. h. mit Einschluß der Alkalifeldspäte bzw. des Orthoklas) - und damit eine 'Isomorphie über die Grenzen der Kristallsysteme hinweg' - begründet vertreten hat, scheint 1882 **W. C. Brögger** gewesen zu sein (vgl. auch Kap. B. 1. 1. 2.). Er bezog sich dabei vor allem auf **L. Sohnckes** Definition der Isomorphie, wonach das eigentlich Ausschlaggebende für die Isomorphie zweier Substanzen die "Strukturformen der Molekylarnetze" seien (und eben nicht das Kristallsystem). Aber auch die gerade genannten optischen Untersuchungen **Schusters**

81. Vgl. Tschermak (1864), S. 604 & 571-4. Das Problem hängt auch, wie wir heute wissen, damit zusammen, daß bei den Alkalifeldspäten eine durchgängige Mischbarkeit nur bei hohen Temperaturen gegeben ist, d. h. im Temperaturbereich unterhalb 600° C tritt eine Mischungslücke auf.

82. Schuster (1879), S. 193; vgl. auch Schuster (1880), S. 237. Vgl. ferner Arzruni (1893), S. 279. Der unmittelbare Anlaß dieser Untersuchungen war eine Kritik von A. Des Cloizeaux an Tschermaks Theorie. Des Cloizeaux hatte 1875 aus Untersuchungen zum Verhalten der Plagioklase im polarisierten Licht den Schluß gezogen, daß diese unmöglich Mischungen von Albit- und Anorthitsubstanz sein könnten. Und dies hat er dann 1879 auch noch einmal Groth gegenüber bekräftigt. Des Cloizeaux an Groth, 19.3.1879 (BSB-Hs: Grothiana X/Des Cloizeaux 3). Vgl. auch Schuster (1879), S. 192f. Die Kritik von Des Cloizeaux mag eine Ursache dafür gewesen sein, daß Tschermak selbst (der dann die Arbeiten von Schuster natürlich unterstützt hat) sich zunächst von der optischen Methode eher wenig zu versprechen schien. 1876 schrieb er (mit Bezug auf A. Des Cloizeaux) an Groth, daß er über den "komischen Schluss dass die opt.[ische] Orientierung d.[er] Feldspathe etwas über deren Mischung aussage, ... schon öfter gelacht" habe. Tschermak an Groth, 1.4.1876 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 3). Einige Mineralien für diese Untersuchungen hat auch Groth aus seiner Sammlung zur Verfügung gestellt. Tschermak an Groth, 22.1.1879 (BSB-Hs: Grothiana X/Tschermak 15). Vgl. auch Schuster (1879), S. 193 & 199.

schiene ihm dabei eine empirische Bestätigung zu liefern; diesen sei zu entnehmen, daß Orthoklas und Anorthit als Endglieder einer kontinuierlichen Mischungsreihe gelten können⁸³.

Die Arbeiten von **Schuster** bildeten einen vorläufigen Abschluß der Diskussion um die Theorie der Feldspäte. Die Untersuchung der weiteren Entwicklung - das hieße vor allem der Arbeiten von **F. W. Clarke** und **E. A. Schneider** über die Konstitution der natürlichen Silikate, **V. I. Vernadskijs** neuer Theorie der Silikate sowie den Studien von **A. L. Day** und **E. T. Allen** über die thermischen Eigenschaften der Feldspäte - muß jetzt allerdings einer eigenen Studie vorbehalten bleiben⁸⁴.

83. Vgl. Brögger (1882), S. 303f. & S. 299. Ein Grund für Bröggers Deutung des Orthoklas war, daß 1876 der (Tschermak 1864 noch nicht bekannte) triklone Kalifeldspat (Mikroklin) von Des Cloizeaux beschrieben worden war. Vgl. Brögger, a. a. O., S. 299. Den Mikroklin hatte auch Schuster schon optisch untersucht und dabei bereits auf dessen Ähnlichkeit (sowie auch die des Orthoklas) mit dem Oligoklas hingewiesen. Vgl. Schuster (1879), S. 199f.

84. Vgl. hierzu etwa Clarke/Schneider (1890); Vernadskij (1901); Day/Allen (1905), hier vor allem S. 8; Day (1911), hier S. 613. Vgl. ferner Groth (1926), S. 218f.

2.2. Die Harmonie der Kräfte: Zur Mineralogie und Kristallographie V. Goldschmidts

Victor Goldschmidt (1853-1933) war der Philosoph unter den Mineralogen und Kristallographen des späten 19. Jahrhunderts. Wohl kaum einer seiner zeitgenössischen Kollegen hat sich so intensiv um eine, wie man sie vielleicht nennen könnte, 'kosmische Mineralogie/Kristallographie' bemüht wie er. Auf der einen Seite ein klassischer beschreibender Mineraloge - was sich bei dem ehemaligen Freiburger Studenten u. a. darin äußerte, daß für ihn die Lötrohranalyse immer ein wesentliches Hilfsmittel der Mineralogie geblieben ist -, hat er auf der anderen Seite immer wieder nach möglichen umfassenderen Geltungsbereichen der an den Kristallen sich zeigenden Gesetzen gefragt, so etwa nach deren Beziehungen zur musikalischen Harmonielehre, zu den Farben in der Kunst und nicht zuletzt zur (harmonischen) Ordnung des Kosmos¹.

Mehr noch als **Tschermak** und dessen Wiener Schule, wurde so **V. Goldschmidt** zum Antipoden **Groths**. Einige materiale Gründe hierfür waren bereits angesprochen worden: **Goldschmidt** war der einzige ernstzunehmende Konkurrent **Groths** im Deutschen Reich um die 'Führung' der Mineralogie, und seine am Ende des Ersten Weltkrieges initiierten *Beiträge zur Krystallographie und Mineralogie* mußten **Groth** zumindest kurzzeitig um den Fortbestand seiner Zeitschrift fürchten lassen (vgl. Kap. B. 1. 3. 2.). Vor allem aber bestimmte sich das Verhältnis **Goldschmidts** zu **Groth** dadurch, daß ersterer eindeutig der 'philosophischere Kopf' von beiden war. **Goldschmidts** Philosophie der Kristalle war im Grunde eklektisch: Sie war eine eigenartige Mischung aus aristotelischen und platonischen Elementen, formuliert in der Sprache des 'Naturalismus' und des Neukantianismus des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Auf jeden Fall aber war sie eine Philosophie, die dem 'Realisten' **Groth** spekulativ erscheinen mußte.

So schienen **Groth** dann natürlich vor allem, dies kann hier schon vorausgeschickt werden, **Goldschmidts** Bemühungen, Beziehungen zwischen den kristallographischen Gesetzen und der

1. Zum Werk und zur Biographie Goldschmidts vgl. Milch (1928); Hesse (1981); Hofmeister (1988). Die bisher einzige Arbeit, die sich allerdings etwas ausführlicher mit den Arbeiten Goldschmidts beschäftigt, ist die Studie von Baeumer (1984) über dessen Harmonielehre.

musikalischen Harmonielehre zu finden, kaum in das Gebiet einer 'modernen Mineralogie' zu gehören. **Goldschmidt** hatte **Groth** seine Schrift *Über Harmonie und Complication* (1901), in der er diese Beziehungen dargelegt hatte, zugesandt und dazu geschrieben:

"Zugleich mit diesem Brief erlaube ich mir, eine Schrift über Harmonie + Complication zu übersenden, die, wie ich hoffe, Ihr Interesse findet. In der Schrift, von der ich Ihnen bereits gelegentlich eines Besuches zur Zeit der Geologen Versammlung in München erzählte, wurde zu zeigen versucht, daß das die Entwicklung der Krystallformen beherrschende Gesetz der Complication sich zu einem Entwicklungsgesetz in der unbelebten und der belebten Natur erweitert, das der musikalischen Harmonie seinen Stempel aufdrückt, die Farben beherrscht und den menschlichen Sinnesorganen, wie unserem Geist eigenthümlich ist"².

Goldschmidt hoffte, daß **Groth** ein Referat dieser Schrift in der ZfK bringen würde, und er hatte ihm auch - für den Fall, daß **Groth** keinen geeigneten Referenten finden sollte - **W. Salomon-Calvi** in Heidelberg als Referenten vorgeschlagen³. Ein solches Referat scheint dann allerdings, soweit ich es übersehe, in der ZfK nicht erschienen zu sein. **Groth** machte seine Meinung später aber zumindest indirekt geltend, als er in seiner Geschichte der Mineralogie über **J. G. Graßmanns** (1779-1852) Schrift *Zur physischen Krystallonomie und geometrischen Kombinationslehre* (1829) schrieb, daß diese auch insofern lesenswert sei, als sich in den "Schlußbemerkungen" hierzu "u. a. Betrachtungen über die Beziehungen krystallographischer Verhältnisse zu den 'Akkorden' der Musik" fänden, "wie solche noch in neuerer Zeit in spekulativen Studien aufgetaucht sind" (womit dann eigentlich nur **V. Goldschmidt** gemeint sein konnte)⁴.

Ebenfalls noch vorausgeschickt sei, daß die Gegensätze zwischen den Persönlichkeiten **Groths** und **Goldschmidts** ihren Ausdruck nicht zuletzt darin fanden, daß letzterer (soweit dies aus den vorhandenen Quellen ersichtlich ist) kaum je größeren Anteil an der (preußischen) Hochschulpolitik genommen hat, ganz im Gegensatz eben zu **Groth**. Er repräsentierte eher den Typ des 'reinen (Privat)Gelehrten', dessen Interessen mehr der

2. V. Goldschmidt an Groth, 3.5.1901 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 99).

3. V. Goldschmidt an Groth, 3.5.1901 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 99).

4. Vgl. Groth (1926), S. 107. Solche Beziehungen soll, nach Goldschmidt, auch C. S. Weiss formuliert haben (was ich bisher allerdings noch nicht verifizieren konnte). Vgl. V. Goldschmidt (1901), S. 7.

Philosophie und der Musik galten, als den Tagesgeschäften der Hochschulpolitik⁵.

Es kann jetzt im Folgenden nur eine kurze Skizze der Mineralogie und Kristallographie **Goldschmidts** gegeben werden. Dabei geht es dann primär darum, gewissermaßen in der Gegenüberstellung zur **Grothschen** Chemischen Kristallographie, deren Konturen deutlicher hervortreten zu lassen, d. h. eine weitergehende Analyse der Mineralogie **Goldschmidts** selbst, vor allem auch ihrer geistesgeschichtlichen Wurzeln, muß einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben.

Einen erster Ansatzpunkt hierzu bietet die unterschiedliche Bedeutung, welche bei **Goldschmidt** und **Groth** die Frage nach den 'kristallbauenden Kräften' hatte. **Groths** Interesse hatte dem Zusammenhang von chemischer Zusammensetzung und Kristallform der Mineralien gegolten: die hierbei wirkenden Kräfte spielten bei ihm immer nur eine untergeordnete Rolle, oder besser gesagt: sie waren nicht der eigentliche Gegenstand der Mineralogie und Kristallographie⁶. Bei **Goldschmidt** dagegen standen gerade die letzteren im Vordergrund und die stoffliche Zusammensetzung der Mineralien blieb von untergeordneter Bedeutung, sein Interesse galt wesentlich dem Zusammenhang von "Krystallform und krystallbauender Kraft"⁷. In diesem Sinne formulierte er bereits 1886 im ersten Band seines *Index der Krystallformen der Mineralien* die Hauptaufgabe der Kristallographie als

5. Dies hatte seinen Grund nicht zuletzt darin, daß er durch seine Heirat mit seiner Cousine Leontine von Portheim im Jahr 1888 eine gewisse finanzielle Unabhängigkeit erreicht hatte. Diese Haltung findet ihren Ausdruck etwa in der 1916 von dem Ehepaar Goldschmidt ins Leben gerufenen, unabhängigen "Josefine und Eduard von Portheim-Stiftung für Wissenschaft und Kunst", deren Aufgabe es sein sollte, Vorhaben zu fördern, für die von Seiten der Universität selbst keine Mittel zur Verfügung standen. Diese Stiftung (benannt nach seiner Mutter Josefine, einer geborenen von Portheim, und dem Vater seiner Frau Leontine, Eduard von Portheim) verdanken u. a. die Heidelberger Institute für Ethnographie und Anthropologie sowie das Institut für Volkskunde und Volkskunst ihre Existenz. Vgl. hierzu auch Milch (1928), S. 2 & 15; Medenbach/Mirwald/Kubath (1995), S. 9.

6. In seiner Arbeit über die "Molekularbeschaffenheit der Krystalle" hat Groth etwa hinsichtlich der chemischen Moleküle bzw. der Krystallmoleküle von "zusammenhaltenden Kräften" gesprochen, wobei er für die Kräfte auch explizit einen Zustand des "Gleichgewichts" im Kristall postulierte. Die Kräfte selbst bzw. ihre konkrete Funktion beim Aufbau des Kristalls blieben dabei aber letztlich unbestimmt. Vgl. Groth (1888), S. 9 & 14f.

7. Vgl. V. Goldschmidt (1886), S. 6.

"die Ergründung des molekularen Aufbaues der festen Körper und die Ermittlung der Intensität und Wirkungsweise der molekularen Kräfte"⁸.

Der *Index* (bzw. dessen Einleitung) war gewissermaßen **Goldschmidt** 'Programmschrift'⁹, ähnlich wie **Groth** sein Programm 1870 (bzw. 1871) in seiner Habilitationsrede formuliert hatte. **Goldschmidt** selbst sah den *Index* als dasjenige Werk, in welchem er alle grundlegenden Fragen der Kristallographie behandelt und dabei auch zum großen Teil erst richtig formuliert hat. In diesem Sinne antwortete er auf eine Anfrage **Groths**, welche Aspekte in einem Referat über den *Index* besonders erwähnt werden sollten:

"Ich habe in der Einleitung so viel Neues auf kürzestem Raum zusammengedrängt, daß mir Alles darin wichtig vorkommt. Es sind darin neue Symbole, verknüpft mit den ihnen angepaßten + danach einheitlich behandelten Projectionen, ferner genetische Fragen. ... In diese Einleitung sind die allmählich abgeklärten Resultate mehrjähriger Arbeit zusammengedrängt + es wird erst allmählich ausgegraben werden, was alles darin steckt. Wenn ich schon etwas sagen soll, so ist mir die liebste Kritik ein Hinweis darauf, daß es nöthig + der Mühe werth ist, diese Einleitung gründlich zu studieren + die Tabellen zu benutzen"¹⁰.

Im *Index* formulierte **Goldschmidt** auch - im Sinne jener Hauptaufgabe, welche er der Kristallographie gestellt hatte - seine Grundhypothese zur Beziehung zwischen Kristallform und kristallbauender Kraft:

"Jede Fläche ist krystallonomisch möglich, die senkrecht steht auf einer Molekular-Attraktionsrichtung"¹¹.

Neben der 'dynamischen Betrachtung' der Kristallformen (in welcher sich letztlich auch der eigentliche Gegensatz zu **Groth**

8. V. Goldschmidt (1886), S. 1 & 6.

9. Die "Einleitung" des "Index" ist auch separat herausgegeben worden unter dem Titel "Einleitung in die formbeschreibende Krystallographie" (Berlin 1887).

10. V. Goldschmidt an Groth, 11.3.1887 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 4). Ein solches (positives) Referat in der ZfK schien Goldschmidt vor allem auch im Hinblick darauf wünschenswert, daß der "Index" nicht bei allen Mineralogen eine positive Aufnahme gefunden hat. Insbesondere Th. Liebisch hat sich kritisch geäußert. Dazu V. Goldschmidt an Groth, 8.9.1887 & 4.3.1888 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 6 & 9). Und nicht zuletzt war der "Index" ein drucktechnisch recht kompliziertes Werk. So sind etwa die kleinen Bruchziffern der Tabellen eigens für Goldschmidt und nach seinen Angaben konstruiert worden, was entsprechend hohe Satzkosten zur Folge hatte und den "Index" auch nicht zu einem wirtschaftlichen Erfolg werden ließ. V. Goldschmidt an Groth, 11.3.1887 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 4).

11. V. Goldschmidt (1886), S. 6.

gründete)¹², war für **Goldschmidts** Kristallographie noch eine zweite Prämisse konstitutiv, nämlich - wie diese im Vorgriff auf seinen philosophischen Hintergrund formuliert werden könnte - die Forderung nach der Einheit von Begriff und Anschauung. Im *Index* kam diese Prämisse darin zum Ausdruck, daß **Goldschmidt** gewissermaßen eine doppelte Methode zur Lösung jener Hauptaufgabe der Kristallographie (der Ermittlung der Intensität und Wirkungsweise der molekularen Kräfte) forderte: Zum einen die Bezeichnung der "beobachteten Formen" durch "geeignete Symbole" (d. h. Symbole, welche "durch Zahlenverhältnisse die Lage jeder Form charakterisieren"), zum anderen die Ordnung dieser Symbole "zum Zweck der Uebersicht in Tabellen" und schließlich die "Abbildung (Projection)" der Formen, um so "das gleichzeitige Anschauen des Bekannten zu ermöglichen"¹³. **Goldschmidt** unterschied also gewissermaßen zwei Ebenen, auf denen die Kristallformen der Mineralien zu erfassen seien: eine mathematisch-symbolische Ebene und eine Ebene der sinnlichen Anschauung. Diese will er dann allerdings nicht als getrennte Ebenen verstanden wissen, sondern vielmehr als zwei "Arten der Erkenntnis", welche auch nur in ihrer Verbindung - im vorliegenden Falle: im gleichzeitigen Vorgehen mit "Tabellen und Projektion" - eine vollständige Lösung der Aufgabe ermöglichen:

"Symbole und Projection müssen dann in engster Beziehung zu einander stehen, so dass man aus beiden, gewissermassen nur in verschiedener Schrift, dasselbe herausliest, mit anderen Worten, so, dass die Projection der unmittelbare graphische Ausdruck des Symbols, das Symbol der Zahlen-Ausdruck des Projectionsbildes ist"¹⁴.

Diese Unterscheidung von zwei - auf der einen Seite strikt getrennten, auf der anderen Seite aber eben immer als notwendige

12. Diese dynamische Betrachtungsweise selbst war natürlich nicht neu. Sie hatte schon die Grundlage der Arbeiten von C. S. Weiß, J. J. Bernhardt, J. G. Graßmann, J. F. C. Hessel und anderer Kristallographen in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts gebildet (vgl. Kap. B. 1. 1. 1. Anm. 157).

Goldschmidt selbst hat hierzu u. a. auf Bernhardt und Graßmann verwiesen. Vgl. V. Goldschmidt (1886), S. 6. Und es war auch bereits gesagt worden, daß Groth gerade dieser Richtung immer eher kritisch gegenüberstand (vgl. Kap. B. 1. 2.).

13. Vgl. V. Goldschmidt (1886), S. 1. Die Frage der Projektion der Kristalle bzw. die sogenannte "graphische Kristallberechnung" war eines der Themen, welches Goldschmidt Zeit seines Lebens beschäftigte. So hatte er sich ja auch schon mit einer Schrift "Über Projektion und graphische Kristallberechnung" Anfang 1888 in Heidelberg habilitiert. V. Goldschmidt an Groth, 4.3.1888 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 9).

14. V. Goldschmidt (1886), S. 1. Vgl. hierzu auch V. Goldschmidt (1896), S. 3f.

Einheit begriffenen - Wegen der Erkenntnis erschien bei **Goldschmidt** in verschiedensten Formen. Und hierauf wird auch im Zusammenhang mit dem geistesgeschichtlichen Kontext seiner Kristallographie noch zurückzukommen sein.

Mit Blick auf die von **Goldschmidt** formulierte Hauptaufgabe der Kristallographie und den gewissermaßen doppelten Weg, welchen er hierbei ging, lassen sich also die einzelnen kristallographisch-mineralogischen Methoden, welche er verbesserte oder initiierte, unter die Begriffe "Kräfte, Symbole, Projection" bringen (und so hat **Goldschmidt** auch den Hauptteil der Einleitung zum *Index* überschrieben). Dies waren zunächst die sogenannten *Goldschmidt-Symbole* und die gnomonische Projektion, die - durch das von **Goldschmidt** selbst eingeführte neue Zweikreis-Goniometer¹⁵ möglich gewordene - Verwendung der (aus der Astronomie entlehnten) Positionswinkel $\langle \phi \rangle$ und $\langle \rho \rangle$ zur Charakterisierung der Kristallformen¹⁶ und die - vor allem in der Arbeit *Über Entwicklung der Krystallformen* (1897) dargelegte - Erkenntnis der Bedeutung der Zonen (Zonenlehre) sowie der mathematischen Periodizität der Zonensymbole von 0 bis ∞ bis zu einem Maximum in der sogenannten Normalreihe III (*Gesetz der Complication*); letztere sollte dann zugleich den Ausgangspunkt seiner Studien zur musikalischen Harmonielehre bilden¹⁷.

15. Das neue Instrument war von dem Heidelberger Mechaniker P. Stoë (nach den Entwürfen V. Goldschmidts) gebaut worden und galt als das führende Instrument dieser Art in seiner Zeit. Eine Beschreibung des Instruments gab Goldschmidt 1893, wobei er auch betonte, daß sich dessen Entwicklung dem "Index" bzw. den dort dargelegten kristallographischen Ideen "organisch" anschließe. Vgl. V. Goldschmidt (1893), hier S. 232. Vgl. auch V. Goldschmidt (1896), S. 9. Vgl. hierzu ferner Medenbach/Mirwald/Kubath (1995), S. 8f. 1911 hatte sich u. a. auch V. M. Goldschmidt nach Stoës Zweikreis-Goniometer erkundigt. V. Goldschmidt an V. M. Goldschmidt, 26.9.1911 (ST-SR: H 08, Blandet Korrespondanz 1909-30). Hierzu auch V. M. Goldschmidt an Groth, 6.6.1912 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 20).

16. Die Positionswinkel hat Goldschmidt erstmals umfassend in seinen "Kristallographischen Winkeltabellen" angewandt. Vgl. V. Goldschmidt (1897a). Vgl. auch V. Goldschmidt (1905c), S. 103. Und anlässlich der Übersendung des vollendeten Werkes an Groth äußerte er dann auch die Hoffnung, das Werk werde "kräftig in die Entwicklung der Krystallographie eingreifen". V. Goldschmidt an Groth, 18.10.1897 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 68).

17. Vgl. hierzu vor allem V. Goldschmidt (1897b). Vgl. auch V. Goldschmidt (1899; 1900). Vgl. ferner Milch (1928), S. 3f.; Amstutz (1972), S. 455. Zur Beziehung dieses kristallographischen Gesetzes auf die musikalische Harmonielehre vgl. etwa V. Goldschmidt (1901), hier S. 3-7. Vgl. auch V. Goldschmidt (1896), S. 2.

Ein konkretes Beispiel für den gewissermaßen inneren Zusammenhang zwischen den "krystallbauenden Primärkräften" und den kristallographischen Symbolen bzw. den zugehörigen Projektionen bietet **Goldschmidts** Unterscheidung von "Primärform" und "Polarform" der Kristalle, wie er sie im *Index* entwickelte. Ausgangspunkt war die Unterscheidung von insgesamt vier für kristallographische Untersuchungen geeigneten Projektionsmethoden, wobei zwei die Flächen als Punkte, zwei als Linien abbilden (also die einfache Unterscheidung von Zentral- und Parallelprojektion; **Goldschmidt** selbst sprach von "Polar-" bzw. "Linearprojektionen"). Diesen Projektionsarten entsprechend entwickelte **Goldschmidt** eine eigene Form der kristallographischen Symbole, die er - analog den Projektionsarten - als "Elemente der Polar-Projektion" (kurz: "polare Symbole") bzw. "Elemente der Linear-Projektion" unterschied. Und diese beiden Projektionsarten bzw. die zugehörigen Symbole wurden nun in spezifischer Art und Weise auf die "krystallbauenden Primärkräfte" bezogen. Dem "krystallbauenden Molekül" seien im allgemeinen "drei primäre Attraktionskräfte mit ihren in entgegengesetzter Richtung wirkenden Gegenkräften" beizulegen, welche sich unter beliebigem Winkel schnitten. Damit ergab sich zunächst mittels der "Linear-Elemente" die "Primärform" als diejenige Gestalt, welche entsteht, "wenn jede der Primärkräfte für sich flächenbildend wirkt", d. h. die Primärform ist ein von drei unabhängigen Flächen und deren Gegenflächen eingeschlossener Körper¹⁸. Im Gegensatz gaben die "Polar-Elemente" die "Richtungen der krystallbauenden Primärkräfte", womit die "Polarform" sich als "Parallelepipet der Primärkräfte" bestimmte. Mit Blick auf seine o. g. Grundhypothese ist es dann einsichtig, wenn für **Goldschmidt** immer "gerade die Polarelemente das eigentlich Fundamentale, dem Molekül Eigenthümliche und für die Formen Ursächliche" waren¹⁹.

In den Zusammenhang dieser dynamischen Auffassung der Kristallformen gehören dann auch **Goldschmidts** Arbeiten über

18. Vgl. V. Goldschmidt (1886), S. 6.

19. Vgl. ebd. In diesem Sinne hat Goldschmidt 1893 auch gegenüber Groth die Vorteile der "polaren Elemente" (gegenüber den Millerschen und den Weißschen Symbolen) erläutert, und zwar in der Hoffnung, dieser werde sie in die neue Ausgabe seiner "Physikalischen Krystallographie" aufnehmen. Goldschmidt war davon überzeugt, "daß die consequente polare Behandlung der Krystallographie die richtige sei". V. Goldschmidt an Groth, 15.5.1893 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 43).

Ätzfiguren bzw. zur Lösung von Kristallen, welche er als Versuche verstand, die Kräfte zu prüfen, welche bei der Kristallbildung wirkten bzw. dieser entgegenwirkten²⁰.

Die Summe seiner im engeren Sinne kristallographischen Arbeiten bildete schließlich der 9-bändige *Atlas der Kristallformen*, der zwischen 1913 und 1923 erschien²¹. Im September 1922 hat **Goldschmidt** die letzten Korrekturen für das Werk abgeschlossen, und damit schien er seine kristallographische Arbeit dann auch als beendet angesehen zu haben²². In diesem Sinne schrieb er 1912 an **Groth**:

"Ich freue mich, Ihnen mitteilen zu können, daß von meinem Atlas der Krystallformen die letzten Correcturen nun fertiggestellt sind. Damit ist das Werk nach 20 jähriger Arbeit abgeschlossen. Trotz der schweren Zeiten ist es gelungen. In den Nachträgen sind Fehler und Auslassungen nach Möglichkeit nachgeholt. Ich hoffe, daß nichts wesentliches fehlt. Wenigstens nicht vor 1905"²³.

Ein weiteres, bisher nur indirekt angesprochenes, aber eben mit der dynamischen Auffassung der Kristallformen notwendig zusammenhängendes Element der **Goldschmidtschen** Kristallographie ist seine genetische Betrachtung der Kristallformen bzw. der

20. Vgl. exemplarisch V. Goldschmidt (1903; 1904). Vgl. auch V. Goldschmidt (1905a), hier S. 378-80; V. Goldschmidt (1905c), S. 108f.; Vgl. ferner Amstutz (1972), S. 456. Zu dieser gerade zitierten Arbeit "Aus dem krystallographisch-chemischen Grenzgebiet" (V. Goldschmidt, 1905c) sei angemerkt, daß sie einen Vortrag wiedergibt, den Goldschmidt im Oktober 1903 im "Science Club" der Universität von Wisconsin in Madison gehalten hat. Diese Beziehung Goldschmidts zur Universität von Wisconsin ist insofern nicht ganz uninteressant, als dort C. R. Van Hise, einer der frühen Propagandisten des späteren Geophysikalischen Laboratoriums der Carnegie-Institution in Washington, Professor für Geologie war. Daß jene Beziehung eine recht gute gewesen sein muß, geht u. a. daraus hervor, daß der dortige Mineraloge W. H. Hobbs ein neues Mineral "Goldschmidtit" benannt hat. V. Goldschmidt an Groth, 5.3.1899 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 86). (Der Mineralname ist heute nicht mehr gebräuchlich; es handelte sich um eine Varietät des Silber/Gold-Tellurids Sylvanit, AuAgTe₄).

21. Der Druck des "Atlas" begann Ende des Jahres 1911, und Goldschmidt hoffte, bis Ostern 1912 den ersten Band erscheinen lassen zu können. V. Goldschmidt an Groth, 7.12.1911 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 144).

22. Goldschmidt scheint dann auch, soweit es zu übersehen ist, nach 1924 (nachdem er seine "Beiträge zur Krystallographie" eingestellt hatte) keine mineralogisch-kristallographischen Arbeiten mehr veröffentlicht zu haben (sondern eben nur noch Abhandlungen zur Naturphilosophie und zur Musiklehre). Vgl. auch Kap. B. 1. 3. 2.

23. V. Goldschmidt an Groth, 12.9.1922 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 165).

Kristallsysteme, wie er sie vor allem in seiner 1897 in **Groths** ZfK erschienenen Arbeit *Über Entwicklung der Krystallformen* dargelegt hat. Über die Bedeutung, die er selbst diesen Arbeiten beimaß bzw. über deren Zusammenhang mit den vorhergehenden kristallographischen Arbeiten schrieb **Goldschmidt** schon 1894 an **Groth**:

"Die Arbeit über Entwicklung der Krystallformen ist ... das Resultat vieljähriger Arbeit. Schon 1881 wurde manches davon aufgeschrieben. Ihr Ideengang veranlaßte den Index, die Projectionsbilder + alle meine Einzelarbeiten der Zwischenzeit. Immer aufs Neue ging ich daran, die gewaltige Masse der Erscheinungen zusammenzufassen + immer fanden sich Widerstände, die durch Detailstudien, durch Ausbau der Hilfsmittel beseitigt werden sollten. Das wiederholt sich immer aufs Neue, aber einmal muß abgeschlossen werden"²⁴.

Auf die Einzelheiten dieser genetischen Betrachtung der Kristallformen kann hier nicht eingegangen werden. Festgehalten sei hier lediglich deren Ziel, nämlich der gewöhnlichen "schematischen (künstlichen)" Einteilung der Kristallformen bzw. der Kristallsysteme eine "genetische (natürliche)" Einteilung gegenüberzustellen²⁵.

In den Zusammenhang dieser genetischen ('entwicklungsgeschichtlichen') Betrachtung der Kristallformen gehörten dann eine Reihe weiterer zentraler Teile der **Goldschmidtschen** Kristallographie/Mineralogie. So bestimmte sie seine Auffassung der Bedeutung der künstlichen Mineralien: Die "Krystallzüchtung" war für **Goldschmidt** Teil einer "Biologie der Krystalle", welche deren "Werden und Vergehen" zu untersuchen habe. Und "in mancher Beziehung" könnten uns "die künstlich gezüchteten Krystalle" sogar mehr Erkenntnisse liefern als die natürlichen²⁶. Hier gehörte weiter das Problem der sogenannten "krummen Flächen", mit dem **Goldschmidt** sich vor allem in einer 1896 veröffentlichten Arbeit auseinandergesetzt hat²⁷. Er bestimmte diese als "Übergangsflächen ... der Formenentwicklung",

24. V. Goldschmidt an Groth, 22.2.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 44a). Ähnlich schrieb er zwei Jahre später wieder an Groth: Die "Abhandlung über 'Entwicklung der Krystallformen' ... enthält einen Theil der Schlüsse aus den Tabellen des Index ... einen Theil der Resultate der theoretischen Untersuchungen, die ich bereits vor 15 Jahren begonnen ..." V. Goldschmidt an Groth, 29.10.1896 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 58).

25. Vgl. hierzu dann auch V. Goldschmidt (1900), S. 62f.; V. Goldschmidt (1905b), hier S. 391.

26. Vgl. V. Goldschmidt (1913), S. 3f.

27. Vgl. V. Goldschmidt (1896), S. 1. Vgl. hierzu dann etwa auch V. Goldschmidt (1905a), S. 383f.

und er wollte sie eben nicht nur als 'zufällige Erscheinungen' an Kristallen verstanden wissen, sondern als wesentlich (d. h. genetisch) mit den "typischen Flächen" des Kristalls verknüpft:

"Dieser formellen Verknüpfung liegt eine genetische, organische, eine Verknüpfung durch Entwicklung zu Grunde"²⁸.

Dies hatte **Goldschmidt** auch bereits 1894 gegenüber **Groth** dargelegt. Die Arbeit über "krumme Flächen" sollte eigentlich schon 1894 in der ZfK publiziert werden, was allerdings zunächst an einigen Einsprüchen **Groths** scheiterte. **Goldschmidt** antwortete darauf:

"Ich erhielt Ihren freundlichen Brief und hätte denselben sogleich beantwortet, doch fand ich nicht sogleich den Weg, wie die von Ihnen mitgetheilten Anstände zu beheben wären. Natürlich nehme ich die offene Aussprache Ihres Urtheils über den Aufsatz über 'Krumme Flächen' nicht übel. Es ist mir vielmehr ein Anzeichen, daß ich einer solchen Beurtheilung auch bei anderen begegnen werde. Dagegen kann ich Ihrer Ansicht nicht beistimmen + das, was ich nicht als flüchtigen Einfall, sonder lang + reiflich durchdacht, niedergeschrieben habe, für richtig halten. Daß ich für manches hier angedeutete den Nachweis noch schuldig bin, habe ich im Text besonders hervorgehoben. ... Was die Ausbildung der beschriebenen Krummen Flächen betrifft, so kann ich Ihrer Vermuthung nicht beistimmen, daß die Reflexbilder durch die Diffraction an Streifungen entstehen. Es sind in der That gekrümmte Flächentheile. Man kann die Krümmung deutlich sehen"²⁹.

28. V. Goldschmidt (1896), S. 2. In allgemeiner Bedeutung hat Goldschmidt diesen gesetzmäßigen Zusammenhang der einzelnen Flächen eines Kristalls etwa 1901 formuliert (wobei, mit Blick auf Groth, zu beachten ist, daß hier die chemische Zusammensetzung wieder keine explizite Rolle spielt): "Jede Krystallart hat ihr Formen-System, d. h. die an ihr beobachteten Flächen stehen in einem gesetzmässigen Zusammenhang, sowohl unter sich, als mit den physikalischen Eigenschaften und dem Bau des Krystalls aus, wie wir annehmen, parallel aneinander gereihten gleichen Partikeln". Vgl. V. Goldschmidt (1901), S. 3.

29. V. Goldschmidt an Groth, 8.3.1894 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 45) (Herv. B. F.). Und als er das Manuskript dann Ende 1895 noch einmal übersandte, bestätigte er seine damalige Auffassung. Er habe das Manuskript zurückgezogen, "um es nochmals zu prüfen. Das habe ich nun gethan, fand aber nichts zu ändern. Vielmehr hat sich meine Ansicht von der Wichtigkeit der hier dargelegten Dinge noch bestärkt". V. Goldschmidt an Groth, 6.11.1895 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 54). Inzwischen scheint Groth seine Meinung allerdings etwas geändert zu haben, oder zumindest einer Veröffentlichung der Arbeit nicht mehr im Wege stehen zu wollen. Und so konnte sich Goldschmidt dann einen Monat später darüber freuen, daß jetzt wohl auch Groth der Ansicht sei, "daß das Studium der Krummen Flächen eine große Wichtigkeit besitzt ..." V. Goldschmidt an Groth, 17.12.1895 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 55).

Dieser kurze Blick auf einige wesentlichen Prämissen der Kristallographie/Mineralogie **V. Goldschmidts** sollte nun zunächst in allgemeiner Form zeigen, daß hier ein von der **Grothschen** Chemischen Kristallographie grundlegend verschiedener Ansatz vorlag. Deutlich werden die - nicht nur scheinbaren, sondern gewissermaßen 'lebensweltlichen' - Gegensätze zwischen **Goldschmidt** und **Groth** dann aber vor allem dort, wo es um **Groths** 'ureigenstes Gebiet' ging, nämlich um den Zusammenhang von chemischer Zusammensetzung und Kristallform. **Goldschmidt** hat sich hierzu vor allem 1889 in seinen *Chemisch-mineralogischen Betrachtungen* geäußert, und was er hier entwickelte, ist in erster Linie eine (natur)philosophische Analyse der Grundbegriffe der Chemischen Kristallographie bzw. der - wie er sie nannte - *Metachemie*. Er diskutierte Probleme wie Isomorphie, Silikatformeln, Arten der genetischen Beziehungen der Mineralien u. a., wovon hier jetzt lediglich **Goldschmidts** Begriff der Isomorphie etwas eingehender behandelt werden kann.

Grundlegend hierfür ist zunächst **Goldschmidts** Begriff der *Partikel*. Die Bestandteile der Kristalle waren ihm zunächst die "Moleküle", welche ihrerseits aus "Atomen" zusammengesetzt seien. Innerhalb der Moleküle könnten gewisse Atomgruppen einen "engeren Verband bilden (Radikale)", und mehrere gleiche oder ungleiche Moleküle könnten schließlich einen weiteren Verband bilden, eine "Molekulargruppe oder ein Gruppenmolekül". Für diese führte **Goldschmidt** den Begriff der "Partikel" ein: Die Partikel sei "die Einheit des Krystallbaues, der Baustein des Krystalls", und solche Partikeln seien es, welche sich "nach den Gesetzen des Krystallbaues zu einem Krystall" ordneten³⁰.

Die Untersuchung dieses Baus der Kristalle aus Partikeln sei der Gegenstand der Kristallographie, die Chemie dagegen untersuche die Moleküle und ihren Aufbau aus Radicalen und Atomen. Dazwischen liege ein weiteres Untersuchungsgebiet, nämlich das des Aufbaus der Partikeln aus Molekülen. Letzterer

30. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 25. Zum Begriff der Partikel bzw. zum Aufbau der Kristalle vgl. vor allem auch V. Goldschmidt (1910), S. 373-6. Diese Darlegungen Goldschmidts zum inneren Aufbau der Kristalle sind wohl gemerkt für ihre Zeit nicht ungewöhnlich. So hatte ja etwa auch Groth ein Jahr früher eine ganz ähnliche Auffassung entwickelt, d. h. die des Aufbaus der Kristalle aus "Krystallmolekülen" (dies wären also Goldschmidts "Partikeln"), welche ihrerseits aus chemischen Molekülen und diese wiederum aus Atomen bestehen. Vgl. Groth (1888), S. 4f.; vgl. auch Kap. B. 1. 1. 2.

Prozeß scheine "ganz anderer Art zu sein und anderen Gesetzen zu folgen" als der Aufbau der Moleküle aus Elementen, und deshalb trennte **Goldschmidt** dieses Untersuchungsgebiet als *Metachemie* von der eigentlichen Chemie ab. (In die Metachemie gehörten etwa die Zusammenlegung von Molekülen mit Kristallwasser, die Frage der Polymerisation, welche teilweise auch die Ursache der Polymorphie sei, die Frage über die Lagerung und Verknüpfung der Moleküle innerhalb der Partikeln u. a.) Die *Metachemie* also sei bestimmt, "die Brücke zu schlagen zwischen Chemie und Physik (Kristallographie)", womit sie dann als Pendant zu **Groths** Chemischer Kristallographie zu verstehen ist³¹.

Aus der Unterscheidung von Atom, Molekül und Partikel bzw. im weiteren Sinne von Chemie und Metachemie resultierte **Goldschmidts** spezifische Unterscheidung von Atom-, Molekül- und Partikelformeln. Bei den Atomformeln unterschied er weiter "empirische Formeln" (welche allein die Anzahl der Atome angeben, die das Molekül bilden, z. B. H_2O) und "Constitutionsformeln" (welche zugleich die Art der Verknüpfung der Atome untereinander beschrieben, z. B. $H-O-H$). Gewissermaßen eine Zwischenstellung hierbei nahmen die "Gruppierungs- oder Typenformeln" ein: sie bestimmten einzelne Gruppen von Atomen in der Verbindung, sagten also mehr aus als die empirischen Formeln, gäben aber noch keine Auskunft über die Art der Verknüpfung der Atome³².

Allerdings sei nun auch aus den "Constitutionsformeln" noch wenig über die "Art der Bindung" zu entnehmen. Diese gäben zunächst keine Auskunft über "die gegenseitige Anordnung der Atome im Raume" ("Raumformeln"). Weiter sagten sie nichts über die "Festigkeit" bzw. die "Intensität der Bindung". Erst wenn hierfür einmal entsprechende Maße vorhanden seien (und die "Thermochemie" beginne bereits, solche zu entwickeln), könnten "statische Formeln" erstellt werden für die "Gleichgewichtsverhältnisse der Atome im Molekül". Und erst dann schließlich könnte auch die "chemische Mechanik (Atommechanik)" in Angriff genommen werden. Wenn die Formeln auch noch "die Bewegungserscheinungen der Atome im Molekül" abbildeten, erhielten wir endlich "dynamische Formeln", und diese seien letztlich das eigentliche Ziel³³.

31. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 26 & 66. Vgl. auch V. Goldschmidt (1913), S. 7; V. Goldschmidt (1910), S. 375.

32. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 29f.

33. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 30.

Diese Bestimmungen gelten sinngemäß auch für die Molekülformeln der Partikel bzw. die Partikelformeln der Kristalle, wobei für letztere allerdings nur mehr Raumformeln bzw. statische und dynamische Formeln zu bilden seien. Und dies gelte nicht zuletzt für eine weitere Art von Formeln, nämlich die der "Urtheilchen", d. h. für die Atome selbst: Diese bauten sich aus untereinander gleichen "Urtheilchen" in verschiedener Anzahl und verschiedener Anordnung auf, und die Aufgabe der "Formeln der Urtheilchen" wäre demnach, für diesen Aufbau Raumformeln, statische und dynamische Formeln zu gewinnen³⁴.

Ausgehend von diesen Grundbegriffen gab **Goldschmidt** nun eine doppelte Definition der Isomorphie:

- "1. Isomorphie ist die Erscheinung, dass analog gebaute Partikeln zu ähnlichen Krystallen zusammentreten.
2. Isomorphie ist die Fähigkeit analog gebauter Partikeln zu ähnlichen Krystallen zusammen zu treten"³⁵.

Mit der ersten Definition werde Isomorphie "empirisch" aufgefaßt "als das Zusammentreffen zweier Erscheinungen, die man als causal verknüpft ansehe", die zweite stelle "die Ursache dieser Verknüpfung dar als eine Fähigkeit der Partikeln"; im ersten Falle sei von "isomorphen Krystallen" zu reden, d. h. von solchen, welche aus analog zusammengesetzten Partikeln regelmäßig zusammengesetzt sind, im zweiten Fall von "isomorphen Partikeln", welche die Fähigkeit haben, sich zu ähnlichen Kristallen zusammen zu legen. Das hieß also:

"Bei den Partikeln ist Isomorphie eine Fähigkeit, bei den Krystallen eine Erscheinung"³⁶.

Das Wort isomorph werde hier also "wissentlich in doppeltem Sinne" angewandt³⁷. Und dieser "doppelte Sinn" ist nun zunächst nichts anderes, als die klassische methodische Unterscheidung zwischen der Beschreibung der Phänomene und der Frage nach den Ursachen, die (wie auch schon im Zusammenhang mit dem Verhältnis von kristallographischen Symbolen und Projektion gesagt wurde) bei **Goldschmidt** immer wieder konstitutiv wurde.

34. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 30f. Goldschmidt spricht hier also, immerhin acht Jahre vor der Entdeckung des Elektrons, von einer Atomstruktur. Mit dieser hat er sich dann 1925 auch konkret auseinandergesetzt. Dort wird dann (im Sinne der 1889 gegebenen Unterscheidung) der Chemie, Metachemie und Kristallographie noch eine "Protochemie" vorgeordnet, welche er als "Lehre vom Aufbau des Atoms aus Protatomen" bestimmte. Vgl. V. Goldschmidt (1925), S. 3f.

35. V. Goldschmidt (1889), S. 26.

36. Ebd.

37. Vgl. ebd.

Festzuhalten bleibt hier jetzt zunächst, daß **Goldschmidt** in seiner Behandlung des Isomorphismus zu ganz ähnlichen Ergebnissen gelangte, wie wenige Jahre vorher **Brögger** (und zwar, soweit ersichtlich, unabhängig von diesem). Grundlegend für **Brögger** war ja die Betonung des molekularen Baus der Kristalle (gegenüber den Kristallformen) als dem eigentlich Bestimmenden bei der Entstehung isomorpher Körper, womit für ihn auch die Kristallsysteme (im Gegensatz etwa zu **Groth**) keine 'Grenzen' isomorpher Körper darstellten (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.). Beides gilt nun auch für **Goldschmidt**. Der Begriff "Isomorphismus" sei nicht "scharf begrenzt", da die in seiner Definition enthaltenen Worte "ähnlich" und "analog" nicht definitiv bestimmt werden könnten. "Aehnliche Partikeln im Sinne des Isomorphismus" seien solche "von gleichem Aufbau", die "aufbauenden Theile" könnten verschieden sein, "die Anordnung jedoch muss gleich sein"³⁸. Die Frage, welche der aufbauenden Teile hierbei einander ersetzen könnten, sei die "Sache besonderer Feststellung"; sicher sei aber, daß die Zahl der Atome hierbei nicht gleich sein müsse³⁹. Einzige Bedingung hierfür sei letztlich, daß trotz solcher Abänderungen der Partikel deren Fähigkeit erhalten bleibe, dem ursprünglichen Kristall ähnliche Kristalle aufzubauen. Überschreite die Unähnlichkeit "eine gewisse Grenze", könne man nicht mehr von Isomorphie zu sprechen, wobei diese Grenze letztlich "willkürlich", d. h. "den Bedürfnissen entsprechend zu ziehen" sei. Auf jeden Fall aber sei es

"nicht angezeigt, mit dem Krystallsystem abzuschließen; vielmehr ist zuzulassen, dass Isomorphie die Grenzen der Krystallsysteme überschreite"⁴⁰.

Bei **Goldschmidt** resultierten nun diese Auffassungen zum Aufbau der Kristalle aus Partikeln bzw. Molekülen und sein Begriff der Isomorphie wesentlich daraus, daß für ihn die Kristallformen in einer genetischen Beziehung standen. Eine solche genetische Beziehung wäre etwa auch die "isomorphe Substitution", welche die "isomorphen Gruppen" vereinigte⁴¹. Das wesentliche genetische Kriterium der Ordnung der Mineralien bzw.

38. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 27.

39. Vgl. ebd. Goldschmidt unterschied so auch zwei Arten von "Vertretung": die "Atomvertretung", d. h. die Vertretung der Atome oder Radicale im Molekül, und die "Molekülvertretung" (Vertretung der Moleküle in der Partikel).

40. V. Goldschmidt (1889), S. 28.

41. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 62.

Kristalle - bzw. die eigentliche Grundlage einer "natürliche Gruppierung" der Mineralien - war für **Goldschmidt** die "Descendenz", d. h. die "Abstammung eines Minerals resp. seiner Partikeln aus einem anderen durch Zersetzung und Neubildung". Die Verwandtschaft sei dabei, und dies ist einsichtig, um so enger, je schwächer die "Eingriffe" bei dem Ausgangsmineral seien. Der schwächste Eingriff war **Goldschmidt** - jetzt formuliert im Hinblick auf seine Überlegungen zum Aufbau des Kristalls - das "Herausnehmen resp. Ersetzen von geschlossenen Molekülen in der Partikel" (etwa des Kristallwassers). Stärker schon sei der Eingriff, wenn die Moleküle hierbei (etwa durch Substitution oder durch Aufspaltung in einzelne Gruppen von Atomen) auch selbst verändert würden. Und der stärkste Eingriff sei der, bei dem die Partikel ganz in ihre Moleküle zerlegt bzw. diese bei dem Neuaufbau neu gruppiert würden. So lange also die Moleküle selbst gleich blieben bzw. höchstens durch Substitution verändert wurden, seien sie als verwandt zu betrachten und stünden deshalb in der Systematik auf derselben Stufe⁴².

Es war nun versucht worden, einen kurzen Abriß der Kristallographie/Mineralogie **V. Goldschmidts**, d. h. ihrer leitenden Ideen und einiger ihrer spezifischen Unterschiede zu **Groths** Chemischer Kristallographie zu geben. Bezüglich ihres geistesgeschichtlichen Kontextes bzw. ihrer geistesgeschichtlichen Wurzeln sei jetzt nur noch einmal auf die für **Goldschmidt** charakteristische Verknüpfung von 'Phänomen' und 'Theorie', von 'anschaulicher' und 'symbolisch-abstrakter Ebene' eingegangen, wie diese etwa schon im Zusammenhang mit seiner Bestimmung des Verhältnisses von kristallographischen Symbolen

42. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 62-4. Exemplarisch führte Goldschmidt dies für die Silikate durch: Ausgangspunkt sind dabei jeweils die "einfachen Silicate", aus welchen die "Halosilicate" und schließlich die "Hydrosilicate" hervorgehen, so etwa aus Olivin Serpentin, aus den Feldspäten Kaolin usw. Vgl. V. Goldschmidt, a. a. O., S. 64 Tab. II. Ein (neben der "Descendenz") zweites genetisches Kriterium der Ordnung der Mineralien war die "Lateralverwandtschaft", d. h. das Auftreten eines Minerals in Vertretung eines ähnlichen. Diese bezieht sich auf die aus der Petrographie bekannte Erscheinung, daß gewisse Mineralien sich in den Gesteinen in der Art und Weise vertreten, daß eine Zunahme des einen eine Abnahme des anderen bedingt bzw. umgekehrt (etwa die Vertretung der Feldspäte in Eruptivgesteinen durch Nephelin und Leuzit). Hierzu sei daran erinnert, daß einer der Kollegen Goldschmidts in Heidelberg H. Rosenbusch war. Vgl. V. Goldschmidt (1889), S. 64.

und Projektion angesprochen worden war. Dieses gewissermaßen gleichzeitige Vorgehen auf zwei Ebenen, welche einerseits methodisch immer deutlich getrennt, andererseits aber immer als notwendige Einheit begriffen wurden, verweist in eigenartiger Weise gleichzeitig auf die Klassik bzw. die Antike⁴³ und auf die Moderne.

Auf die Klassik verweist es insofern, als dahinter letztlich die klassische methodische Unterscheidung zwischen beschreibender Naturforschung und Ursachenforschung steht, zwischen Naturgeschichte und Naturwissenschaft. Ein markantes Beispiel hierfür bietet etwa auch **Goldschmidts** Bestimmung des Verhältnisses von Mineralogie und Kristallographie, welche ganz im Sinne des alten Gegensatzpaares von (beschreibender) Naturgeschichte und (theoretischer) Naturphilosophie erfolgte:

"Die Mineralogie betont wesentlich die naturbeschreibende Seite: Vorkommen und Paragenesis und die Beziehungen zu Bergbau und Geologie.

Die Krystallographie (im engeren Sinn) betont mehr die formbeschreibende, die physikalische, chemische und theoretische Seite der Lehre von den Krystallen, mögen diese nun in der Natur oder im Laboratorium entstanden sein.

Mit der Mineralogie zu einem Ganzen verschmolzen umfaßt die Krystallographie das Studium und die Lehre von der krystallisierten Materie"⁴⁴.

Allerdings betonte **Goldschmidt** dann eben die notwendige Zusammengehörigkeit der beiden 'Wege', d. h. er ist sich jetzt

43. Goldschmidts Bezüge zur Antike zeigen sich nicht nur in bestimmten klassischen, letztlich auf die Antike zurückgehenden Vorstellungen, sondern auch in ganz direkten Verweisen auf antike Vorstellungen bzw. in seiner - auch aus zeitgenössischer Sicht - oft eigenartig antiquierten Terminologie. Ein Beispiel für ersteres wäre seine Bestimmung der Aggregatzustände mit Bezug auf die antiken Urstoffe (Feuer, Wasser, Luft und Erde). Die modernen Aggregatzustände (flüssig, gasförmig, fest) entsprächen letztlich diesen Urstoffen, wozu dann in der Moderne verschiedentlich noch als ein vierter der Äther als feinsten Aggregatzustand gerechnet werde, und man heute auch der Ansicht sei, daß alle Stoffe diese drei Aggregatzustände (vielleicht auch den vierten) annehmen könnten. Vgl. V. Goldschmidt (1910), S. 368f. Vgl. in dieser Hinsicht dann auch Goldschmidts Auseinandersetzung mit O. Lehmanns "flüssigen Kristallen" (vgl. Kap. B. 2. 3.). Ein anderes Beispiel ist Goldschmidts Bestimmung des Verhältnisses der Isotope eines Elements zueinander bzw. zum 'Atomstamm'. Sie entspricht ganz der aristotelischen Unterscheidung von Substanz und Akzidenz, womit sie sich zugleich (implizit) als Versuch zeigt, das Atomgewicht - "eine der best gesicherten Eigenschaften der Atome" - als 'natürliche Konstante' der Stoffe zu retten: "Es hat den Anschein, als bestehe das Atom aus einem festen Stamm und Accidentien von wechselnder Zahl und Art". Vgl. V. Goldschmidt (1925), S. 5.

44. V. Goldschmidt (1913), S. 2.

hier sehr wohl bewußt, daß dies nur noch eine terminologische - oder bestenfalls formale Trennung - sein konnte (welche auch in der wissenschaftlichen Praxis im Grunde nicht mehr existierte). In diesem Sinne machte er sich auch Gedanken darüber, wie man diese 'doppelte' "Lehre von der krystallisierten Materie" nennen solle, ob "zur Bezeichnung des Ganzen" der Name "Mineralogie" oder "Krystallographie" anzuwenden oder ob ein neuer Name einzuführen sei. Alle drei Möglichkeiten lehnte er - vor allem mit Rücksicht auf den Sprachgebrauch - ab. Es sei deshalb "wohl derzeit am besten, das Ganze mit dem Doppelwort: Krystallographie und Mineralogie zu benennen und das Einzelwort anzuwenden, wo die Beziehungen dies wünschenswert machen. Solche Doppelnamen für ein einheitliches Ganzes sind nicht ungewöhnlich"⁴⁵.

Und in dieser 'Einheit von Beschreibung und Abstraktion', d. h. indem er diese beiden Bereiche eben nicht mehr als grundlegende methodologische oder gar epistemologische Gegensätze, sondern nurmehr als zwei Seiten einer Sache begriff, verwies **Goldschmidts** Kristallographie/Mineralogie auf die Moderne: Sie kann - vereinfacht ausgedrückt - als 'mineralogisches Pendant' des 'idealistischen Positivismus' der Kulturwissenschaften um 1900 gesehen werden (vgl. hierzu auch Teil A.).

Dies sei nun hier wohlgemerkt mit aller Vorsicht gesagt. **Goldschmidt** selbst verstand seine Arbeiten als 'organische Weiterentwicklung' der klassischen Mineralogie. Wenn er von einer Einheit von Idee und Erscheinung sprach, so ist dies eher die romantische Einheit von Natur und Geist als die moderne 'pragmatische Unterschiedslosigkeit' von Idealismus und Positivismus⁴⁶. Dies wird etwa in seiner Bestimmung des Verhältnisses von "Krystallographie und Naturphilosophie" deutlich, womit er jetzt auch noch einmal die Einheit seiner kristallographischen und musikwissenschaftlichen Arbeiten herstellte:

"Die Naturphilosophie stellt sich die Aufgabe, die Eigenschaften des menschlichen Geistes aus der Natur und die Natur aus den Eigenschaften des menschlichen Geistes zu verstehen. Die Vermittler zwischen Natur und Geist sind die

45. V. Goldschmidt (1913), S. 2f. (Herv. B.F.).

46. So möchte er die von ihm dargelegte Entwicklung der "Krystallformen" keineswegs als 'Konstruktion der Natur' verstanden wissen. Sie ist ihm vielmehr eine "Wiedergabe der von Menscheneinfluss freien Zusammenstellungen der Formen durch die schaffende Natur". Vgl. V. Goldschmidt (1901), S. 7.

Sinne. Es hat sich nun gezeigt, daß sich gerade aus der Krystallographie Gesetze gewinnen lassen, die über das Wesen des Geistes und der Sinne Aufschluß geben, indem sie gleichzeitig Gesetze der objektiven Natur, der Sinne und des Geistes sind. Eines dieser Gesetze, wir nennen es das Gesetz der Komplikation, zeigt streng und zahlenmäßig, wie sich bei den Krystallen, aber zugleich in weiten Gebieten der Natur und Kunst, das Komplizierte aus dem Einfachen entwickelt. Es bestimmt die Formenreihe der Krystalle in ihrer ganzen reichen Mannigfaltigkeit und zugleich gibt es den Planeten im Weltraum ihren Ort. Unter seinem Zwang haben Beethoven und Palästrina ihre Meisterwerke geschaffen und hat sich die Harmonie der modernen Musik notwendig aus der klassischen weiter entwickelt, wie diese aus der primitiven. Ihm unbewußt folgend haben die Völker aller Zeiten von den Urvölkern bis zu den Trägern der höchsten Kunst ihre Farben gewählt und zusammengestellt"⁴⁷.

Diesen geistesgeschichtlichen Bezügen kann jetzt hier nicht weiter nachgegangen werden. Abschließend seien aber zumindest - auch noch einmal im Hinblick auf die Unterschiede zur Chemischen Kristallographie **Groths** - einige der konkreten historischen Wurzeln der **Goldschmidtschen** Philosophie der Kristalle angedeutet. Beide hatten u. a. in Freiberg studiert (**Goldschmidt** von 1875-1878), und **Julius Weisbach** war einer ihrer gemeinsamen Lehrer gewesen⁴⁸. **Groths** Forschungsprogramm hat seine Prägung dann aber vor allem im Berlin der 60-er Jahre erhalten, und das hieß: es war vor allem der chemischen Mineralogie **G. Roses** und **E. Mitscherlichs** verpflichtet. **Goldschmidt** dagegen ist nach der Promotion in Heidelberg (1880) nach Wien gegangen⁴⁹, wo er fünf Jahre (1882-1887) - u. a. bei **A. Brezina** - tätig war. Und dort eben scheint sein Forschungsprogramm seine wesentlichen Konturen erhalten zu haben: der erste Band des *Index der Krystallformen*, in dem er diesen Programm erstmals umfassend formulierte, ist in der Wiener Zeit entstanden.

Bestimmend war damit für **Goldschmidt** in erster Linie jener 'Naturalismus' der Wiener Kultur der Mineralogie, der bereits im

47. V. Goldschmidt (1913), S. 9. Vgl. hierzu dann auch V. Goldschmidt (1901), S. 7.

48. Vgl. V. Goldschmidt an Groth, 15.12.1902 (BSB-Hs: Grothiana X/V. Goldschmidt 101).

49. Die Tatsache, daß der gebürtige Mainzer Goldschmidt nach dem Studium im badischen Heidelberg nicht an eine preußische Universität (etwa zu Groth nach Straßburg) ging, mag ihre Ursache auch in politischen Faktoren gehabt haben. Ausschlaggebend waren aber sicher Goldschmidts private Beziehungen zu Österreich-Ungarn: Die Porthaims, d. h. die Familien seiner Mutter bzw. die seiner Frau, stammten aus Prag und waren dort eine sehr bekannte Familie von Industriellen.

Zusammenhang mit **Tschermak** beschrieben worden war, und der vor allem durch die Betonung des genetischen Zusammenhanges der Mineralien (mit Bezug auf die Entwicklungsgeschichte des Lebens) und die gleichzeitige Orientierung auf die natürlichen Phänomene sowie auf den Zusammenhang von Natur und Geist charakterisiert war (vgl. Kap. B. 2. 1.). Einige der konkreten Quellen, auf welchen seine Natur- bzw. Wissenschaftsphilosophie basierte, hat **Goldschmidt** in seiner Schrift *Ueber Harmonie und Complication* (1901) genannt, und dies waren im wesentlichen die, auf die sich auch **Tschermak** in seiner Rede über *Die Einheit der Entwicklung in der Natur* bezogen hatte, nämlich **H. von Helmholtz**, **G. T. Fechner** und **E. Mach** (1838-1916)⁵⁰.

Zu denken wäre im Hinblick auf den philosophischen Kontext der Kristallographie **Goldschmidts** auch an den Neukantianismus. Gerade Heidelberg war ja - mit der Berufung **Wilhelm Windelbands** (1848-1915) im Jahr 1903 bzw. ab 1916 mit dessen Schüler **Heinrich Rickert** (1863-1936) - zu einem Zentrum des Neukantianismus geworden. Aus den vorliegenden Quellen hat sich eine solche Beziehung allerdings bisher nicht belegen lassen. Und sie scheint auch insofern eher unwahrscheinlich - oder zumindest nicht maßgeblich - gewesen zu sein, als sich der Neukantianismus in Heidelberg erst zu Beginn unseres Jahrhunderts formiert hat. Wenngleich **Goldschmidts** eigentliche naturphilosophische Schriften dann auch erst in dieser Zeit entstanden⁵¹, so waren die wesentlichen Grundzüge dieser Naturphilosophie (wie es der *Index* zeigt) doch schon in der Mitte der 80-er Jahre - und damit, wie gerade gesagt, in Wien - festgelegt worden.

50. Vgl. V. Goldschmidt (1901), S. 8, 66f., 70, 86f. u. ö. Hingewiesen sei auch auf eine von G. C. Amstutz angedeutete Beziehung der Kristallographie Goldschmidts zum kulturgeschichtlichen Kontext. Dessen "harmonische Reihen" bzw. deren auf- und absteigende Veränderungen ("Complicationen") könnten im Sinne der archetypischen Eigenschaften des Lebens seines Zeitgenossen C. G. Jung verstanden werden. Vgl. Amstutz (1972), S. 456. Eine direkte Bestätigung hierfür war allerdings den Quellen nicht zu entnehmen.

51. Vgl. vor allem V. Goldschmidt (1923; 1925).

2.3. 'Mikrobiologie' der Kristalle: O. Lehmann und die flüssigen Kristalle

Von den in diesem Kapitel behandelten Mineralogen ist es einzig der gebürtige Konstanzer **O. Lehmann** (1855-1922), der auch Schüler von **P. von Groth** gewesen war. **Lehmann** hatte 1876 in Straßburg promoviert und dort auch drei Jahre lang (1872-75) **Groths** mineralogisches Praktikum besucht¹. Anschließend war er als Gymnasiallehrer in Freiburg/Br. und Mülhausen tätig (1876-1883), bevor er 1883 - zunächst als Dozent, ab 1885 als Professor - an die Technische Hochschule in Aachen wechselte. Nach einem Jahr an der Technischen Hochschule in Dresden, trat **Lehmann** schließlich im Jahr 1889 die Nachfolge von **H. Hertz** (1857-1894) als Professor für Physik an der Technischen Hochschule in Karlsruhe an, wo er bis zu seinem Lebensende wirkte.

Im Gegensatz zu **V. Goldschmidt** und **Tschermak**, ist **Lehmann** nur im weiteren Sinne dem Kontext der Mineralogie oder Kristallographie zuzurechnen. Zumindest hat er selbst sich immer als Physiker verstanden und nicht als Mineraloge oder Kristallograph. Abgesehen davon, daß **Lehmann** Schüler von **Groth** war, und er den überwiegenden Teil seiner vor 1890 erschienenen Originalabhandlungen in der ZfK veröffentlicht hat², ist seine Lehre von den *flüssigen Kristallen* hier aber aus folgendem Grund von Interesse. Im Vorhergehenden war verschiedentlich darauf hingewiesen worden, daß die Gegensätze hinsichtlich der Erklärung der Isomorphie bzw. Morphotropie usw. (wie sie sich etwa zwischen **Brögger** und **Groth** gezeigt haben; vgl. Kap. B. 1. 1. 2.) wesentlich auf die relative Bedeutung zurückzuführen sind, welche hierbei den 'Kristallmolekülen' oder der (äußeren) Kristallform bzw. der Kristallsymmetrie zugeschrieben wird. Für **Brögger** waren, im Gegensatz zu **Groth**, die Moleküle das dominierende Element, d. h. die isomorphen bzw. morphotropen Beziehungen zwischen bestimmten Verbindungen resultierten aus dem Bau der Moleküle selbst; die entsprechenden Übereinstimmungen in der (äußeren) Kristallform bzw. der Kristallsymmetrie waren demgegenüber nur

1. Vgl. Lehmann (1908), S. 3.

2. Mit Rücksicht darauf ist es dann auch auffällig, daß gerade von **Lehmann** überhaupt keine Briefe im Nachlaß **Groths** vorhanden sind. Bisher habe ich solche auch nicht in anderen Archiven ausfindig machen können.

gewissermaßen sekundäre Folgen dieser eigentlichen Ursache. Eine der Folgen dieser Auffassung war, daß für **Brögger**, wiederum im Gegensatz zu **Groth**, die Kristallsymmetrie bzw. die Symmetrieklassen der Kristalle keine wirklichen 'Grenzen' isomorpher bzw. morphotroper Reihen darstellten. **Lehmann**, auf den **Brögger** sich ja in der Darstellung seiner Theorie explizit bezogen hatte, hat diese Auffassung gewissermaßen zum 'Äußersten' geführt, indem er schließlich auch die unterschiedlichen Aggregatzustände chemisch identischer Substanzen auf Unterschiede im molekularen Bau zurückführte. Eine Konsequenz davon war, daß er mit der Raumgitterhypothese der Kristalle in Widerspruch geriet, welche er dann zwar nicht direkt abgelehnt hat, ihr aber doch hinsichtlich der Bestimmung der Eigenschaften der Stoffe keine Bedeutung mehr geben wollte. Ähnlich wie **V. Goldschmidt** der eigentliche 'philosophische' Antipode **Groth** war, war also **Lehmann** /ts dies hinsichtlich der Theorie der Kristallstruktur.

Lehmans Molekularphysik bzw. seine Lehre von den flüssigen Kristallen, die er in einer Vielzahl von Schriften ausführlich dargelegt hat, kann jetzt nur stichpunktartig dargestellt werden. Die Betonung liegt hier eher auf deren geistesgeschichtlichem Kontext sowie auf einigen Aspekten der Aufnahme und Kritik der Theorie der flüssigen Kristalle durch die Moderne. Schon bei **V. Goldschmidt** und **G. Tschermak** war gezeigt worden, daß deren Mineralogie und Kristallographie - in ihrem 'entwicklungsgeschichtlichen Ansatz' - im Kontext der zeitgenössischen Biologie zu sehen ist. **Lehmann** führte diesen Ansatz jetzt gewissermaßen in seiner letzten Konsequenz zu Ende: Lassen sich **Goldschmidts** und **Tschermaks** Auffassungen im wesentlichen noch aus den romantisch-idealistischen Vorstellungen von der "Einheit" und dem "Fortschreiten der Bildungen in der Natur" verstehen, so war **Lehmans** Lehre der flüssigen Kristalle eindeutig von der Biologie der Moderne geprägt, das heißt vor allem vom *Monismus* **E. Haeckels**. Und hinsichtlich der Aufnahme und der Kritik, welche sie in ihrer Zeit erfahren hat, bietet die Theorie der flüssigen Kristalle dann vor allem auch ein Beispiel für die 'Produktion' bzw. die Art und Weise der 'Assimilation' von 'Paradoxien', wie dies zu Beginn als ein (vor allem auch soziologisches) Charakteristikum von Moderne skizziert worden war (vgl. Teil A.).

Als eigentlicher Ausgangspunkt der **Lehmanschen** Theorie der flüssigen Kristalle sind seine frühen Arbeiten über *physikalische*

Isomerie bzw. über Polymorphie zu sehen, die er 1877 in **Groths** ZfK veröffentlichte. Er unterschied zwei Arten von polymorphen Substanzen: 1.) die physikalisch polymeren Körper (er nannte sie *enantiotrope* Modifikationen), die nach beiden Richtungen ineinander umwandelbar, d. h. reversibel sind, und 2.) die physikalisch metameren (monotropen) Körper, die stabile und labile Modifikationen besitzen und nicht beliebig ineinander umwandelbar sind. Im ersten Fall unterschieden sich die einzelnen Modifikationen eines Körpers durch die Anzahl der zu einem physikalischen Molekül vereinigten chemischen Moleküle (bei den polymeren Körpern ist je eine Modifikation für eine bestimmte Temperatur oder ein bestimmtes Temperaturintervall die beständigste). Im zweiten Fall liegt der Unterschied der einzelnen Modifikationen eines Körpers in der Anordnung der zu einem physikalischen Molekül vereinigten chemischen Moleküle (bei den metameren Körpern ist dann je eine Modifikation die stabilste überhaupt)³.

Die instrumentelle Grundlage dieser Arbeiten (und dann vor allem auch derjenigen über die flüssigen Kristalle) war das von **Lehmann** 1872 entwickelte, mit einer Heizvorrichtung ausgestattete Kristallisationsmikroskop⁴. Dieses erlaubte Beobachtungen bei

3. Vgl. Lehmann (1877), S. 97. Vgl. auch Arzruni (1893), S. 22-4 & 31f.; Groth (1926), S. 138. Die Begriffe physikalisches bzw. chemisches Molekül sind bereits verschiedentlich besprochen worden, so etwa im Zusammenhang mit Groths Rede "Ueber die Molekularbeschaffenheit der Krystalle" (1888) (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.). Sie brauchen deshalb hier nicht noch einmal erläutert zu werden. Lehmanns physikalische bzw. chemische Moleküle entsprechen im wesentlichen den Partikeln bzw. Molekülen Goldschmidts (vgl. Kap. B. 2. 2.). Als ein Beispiel für die Anwendung speziell der Lehmannschen Vorstellung von "physikalischen Molekülen" auf die Kristallographie sei auf die Arbeiten des Groth-Schülers J. Beckenkamp verwiesen. Beckenkamp - der, wie Lehmann, in Straßburg, Freiburg/Br. und Mühlhausen/Elsaß tätig und deshalb wohl mit diesem persönlich bekannt war - versuchte mittels der "physikalischen Moleküle" die Kristallsysteme zu erklären. Er nahm etwa für das monokline System als Elementarformen "acentrisch-trikline Moleküle" an, welche zusammen eine "Gruppe (physikalisches Molekül)" aufbauen; aus den "acentrisch polaren Axen der Elementarformen" ergäben sich als "Resultierende drei Axenpaare .., welche dem monoklinen System entsprechen". Vgl. Beckenkamp (1908a), S. 576-8 & (1908b) S. 225f.; vgl. auch ders. (1910).

4. Vgl. Lehmann (1908), S. 3f. Vgl. hierzu dann vor allem auch Lehmann (1910), S. 2-6. Zum Lehmannschen Kristallisationsmikroskop vgl. ferner Tutton (1924), S. 216 & 229; Groth (1926), S. 138. Auch Groth hatte sich 1882, so berichtete er Brögger, einen "Lehmannschen Apparat (Mikroskop zum Erhitzen)" besorgt, und so könne er sich jetzt "auch mit den interessanten Studien über Krystallbildung, Dimorphie, mikroskopische Krystallanalyse u. s. w. beschäftigen. Es ist

erhöhten Temperaturen, und damit waren dann auch Umwandlungs- bzw. Wachstumserscheinungen verschiedener kristalliner chemischer Verbindungen im Mikroskop beobachtbar. **Lehmann** hatte so etwa festgestellt, daß für die verschiedenen Modifikationen von Ammoniumnitrat bzw. allgemein für die von ihm "enantiotrop" genannten polymorphen Modifikationen eine "scharfe Umwandlungstemperatur" existiert. Diese habe eine "so große Ähnlichkeit mit dem Schmelzpunkt", daß angenommen werden müsse, daß auch dieser letztlich nichts anderes sei als eine solche "enantiotrope Umwandlungstemperatur" (er erscheine uns nur deshalb nicht als solche, weil die eine Modifikation flüssig sei)⁵. Wenn es also Umwandlungstemperaturen gäbe, so **Lehmann** weiter, bei welchen beide Modifikationen fest sind bzw. auch der Schmelzpunkt nur eine solche Umwandlungstemperatur ist, so sei es durchaus möglich, daß es auch Umwandlungstemperaturen gibt, bei welchen beide Modifikationen flüssig sind. Und implizit folge daraus auch, daß zwischen vollkommen festen und vollkommen flüssigen Körpern "alle denkbaren Übergänge" möglich sind⁶.

Die erstere Annahme sah **Lehmann** nun in einer Beobachtung des englischen Chemikers **G. F. Rodwell** (1843-?) bestätigt, welcher 1875 berichtet hatte, daß geschmolzenes Silberjodid (AgJ) bei Abkühlung unter ca. 450°C in eine zähflüssige amorphe Modifikation übergehe, welche erst bei 116°C kristallinisch erstarre⁷. **Lehmann** untersuchte dieses Phänomen weiter und wollte

durch viele Verbesserungen ein sehr complicirter Apparat geworden, der Sie gewiss interessiren würde". Groth an Brögger, 3.1.1883 (UBO-Hs: Brevs. nr. 298).

5. Vgl. Lehmann (1908), S. 5.

6. Vgl. ebd. Letzteres bezieht sich vor allem auf Lehmanns Beobachtung (ebenfalls wieder an Ammoniumnitrat), daß - "entgegen der allgemein verbreiteten Vorstellung, ein Kristall sei notwendig ein spröder Körper, welcher sich nicht biegen oder sonst dauernd deformieren lasse, weil hierdurch das Raumgitter der Moleküle, in welchem sein Wesen beruht, zerstört würde" - es zahlreiche Kristalle gäbe, "welche sich dauernd verbiegen lassen, und zwar ohne Beeinträchtigung ihrer Durchsichtigkeit", oder welche sich "beim Wachsen von selbst biegen". Vgl. Lehmann (1908), S. 5 (Herv. orig.). Vgl. auch Lehmann (1877), S. 110.

7. Nach Rodwell kommt das Silberjodid in "three allotropic forms" vor, nämlich a) bei Temperaturen zwischen 116°C und dem Schmelzpunkt als "plastic, tenacious amorphous substance possessing a reddish colour, and transparent to light", b) bei Temperaturen unterhalb 116°C als "brittle, opaque, greenish-grey, crystalline mass, and c) als eine "amorphous, very brittle, yellow, opaque substance", wenn es in geschmolzenem Zustand in kaltes Wasser gegossen wird. Vgl. Rodwell (1875), S. 5.

nun festgestellt haben, daß das Silberjodid bei Temperaturen oberhalb 146° C wie eine viskose Flüssigkeit fließt, dabei aber einige der für Kristalle charakteristischen Eigenschaften behält, d. h. daß **Rodwells** "zähflüssige amorphe Modifikation keineswegs amorph, sondern regulär kristallisiert ist, sodaß hier das erste Beispiel flüssiger Kristalle vorlag"⁸.

Dies hat **Lehmann** rückblickend formuliert, d. h. von flüssigen Kristallen hat er zunächst nicht (oder zumindest nicht in seinen Schriften) gesprochen⁹. Allerdings hatten ihn diese frühen Arbeiten, wie er sie dann vor allem in seiner zweibändigen *Molekularphysik* (1888/1889) zusammenfassend dargelegt hat, zu einer Theorie des Zusammenhangs des molekularen Baus (bzw. der chemischen Zusammensetzung) und des Aggregatzustand eines Körpers geführt, welche zugleich eine Modifikation der Definition des Kristallbegriffs bedeutete, in welche sich dann die Theorie der flüssigen Kristalle gewissermaßen zwanglos einordnen ließ. Zentral ist hierbei die Auffassung, daß sich die unterschiedlichen (chemischen und physikalischen) Eigenschaften der Materie bzw. chemisch identischer Körper in ihren verschiedenen 'Formen' - d. h. sowohl in ihren verschiedenen Aggregatzustände (wie etwa flüssig und fest bei Wasser und Eis) als auch (im Falle von Polymorphie oder amorphen Formen) in ihren unterschiedlichen festen Formen - nicht durch unterschiedliche Anordnungen der Moleküle erklären, sondern vielmehr dadurch, daß die "Moleküle" selbst verschieden sind¹⁰.

Mit Bezug auf die Definition des Begriffs Kristall formuliert, bedeutete dies, daß "nicht die regelmässige Anordnung der Moleküle zu einem regelmässigen Punktsystem" (d. h. das Raumgitter) als das Wesentliche des Kristalls gesehen werden dürfe, "sondern die Anisotropie der Moleküle selbst", welche indirekt erst den regelmäßigen Aufbau des Körpers zur Folge hätten. Einem anderen Punktsystem entsprächen auch anders geartete Moleküle: Allotrope Umwandlung sei "nicht durch Umlagerung des Punktsystemes, sondern durch Umänderung der

8. Vgl. Lehmann (1908), S. 5-7 (Herv. orig.).

9. Nach seiner eigenen Aussage habe er allerdings den Begriff der flüssigen Kristalle bereits 1885 in Vorträgen und in Besprechungen mit Kollegen (eben im Zusammenhang mit seinen Untersuchungen zum Silberjodid) gebraucht. Vgl. etwa Lehmann (1908), S. 8f., 22f. u. ö.

10. Vgl. Lehmann (1908), S. 14, 16f. u. ö. Vgl. auch Lehmann (1888/89) II, S. 413.

Moleküle selbst bedingt"¹¹, ähnlich wie dies auch für die bekannten Änderungen der Aggregatzustände (d. h. Schmelzung und Verdampfung) gelte:

Kurz wir kommen zu allen den Schlussfolgerungen, die in meinem Buche über Molekularphysik, Schlusskapitel, dargelegt sind und dort auf anderem Wege gewonnen wurden. Polymorphie, d. h. Vorkommen einer und derselben chemischen Verbindung in zwei oder mehr verschiedenen Krystallformen ist unmöglich und ebensowenig kann chemisch ein und dieselbe Substanz in zwei oder drei verschiedenen sprunghaft in einander übergehenden Aggregatzuständen vorkommen. Die sogenannten allotropen Modificationen und verschiedenen Aggregatzustände eines Körpers sind in Wirklichkeit chemisch verschiedene Körper. Kein chemisch einheitlicher Stoff krystallisiert (wenn überhaupt) in mehr als einer Krystallform. Kein chemisch einheitlicher Stoff besitzt (abgesehen von stetigen Änderungen) mehr als einen Aggregatzustand"¹².

Wenn also die Moleküle selbst (und eben nicht mehr die Art und Weise ihrer Anordnung in einem Körper) bestimmten, ob ein Körper isotrop oder anisotrop bzw. auch je nach Aggregatzustand verschieden ist, so war damit implizit die notwendige Zusammengehörigkeit der Eigenschaften 'fest' und 'kristallin' aufgelöst bzw. die Möglichkeit der Existenz von Körpern angenommen, welche zugleich 'flüssig' und 'anisotrop' sind.

Auf die Vorbereitung und die wissenschaftshistorischen Wurzeln dieser Auffassung **Lehmanns** kann hier nicht eingegangen werden. Es sei aber zumindest daran erinnert, daß vor allem **C. F. Schönbein** einen ähnlichen Begriff der **Isomerie** hatte. Auch für **Schönbein** bedeuteten "qualitative Veränderungen", welche "zusammengesetzte Körper unter dem Einflusse der Imponderabilien, z. B. der Wärme und der Electricität, erleiden", zugleich eine chemische Veränderung. In diesem Sinne zeige etwa die Veränderung der Farbe die Bildung einer neuen Verbindung an, und der erhitzte und der kalte Körper stünden "zu einander in einem isomeren Verhältnis"¹³. Ähnlich hat etwa gleichzeitig **J. N. Fuchs** die (von der chemischen Zusammensetzung her identischen) dimorphen und amorphen Mineralien als verschiedene Arten betrachtet wissen wollen, denn Mineralien, bei denen eines der Merkmale, welche die "specifische Differenz" ausmachten (und dies waren für **Fuchs** die "Krystallisation" und die "chemische Constitution") ein ganz verschiedenes sei, könnten "nach unserm Begriffe von Species

11. Vgl. Lehmann (1890), S. 463.

12. Lehmann (1890), S. 463; vgl. auch 458 & 462f.

13. Vgl. Schönbein (1838), S. 268-71; vgl. auch Kap. B. 1. 1. 1. Anm. 136.

nicht vereinigt werden"¹⁴. Und dies gelte auch für zwar chemische identische, aber in unterschiedlichen Aggregatzuständen vorliegende Körper. Der "flüssige [bzw. gelöste; B. F.] Zustand" der Substanzen sei etwas "ganz Eigenes" und im "wahren Sinne der Zustand der Gestaltlosigkeit", so daß man den "nämlichen Körper" in diesen beiden Zuständen (flüssig und fest) geradezu "wie 2 distincte Species betrachten" müßte¹⁵.

Den eigentlichen Anstoß, die Lehre von den flüssigen Kristallen sozusagen 'im großen Maßstab' zu propagieren, gaben **Lehmann** dann die Beobachtungen des Prager Botanikers **Friedrich Reinitzer** (1857-1927). Dieser hatte 1888 am Benzoylcholesterin (bzw. "Cholesterylbenzoat") einen auffälligen doppelten Schmelzpunkt beobachtet und daraufhin konstatiert, daß bei dieser Substanz beim Schmelzen zwischen dem kristallinisch-festen und dem isotrop-flüssigen Zustand eine neue 'Phase' aufträte, welche trübe aussehe, unter dem Polarisationsmikroskop doppelbrechend, gleichwohl aber leichtfließend sei¹⁶. **Lehmann** griff diese Beobachtungen auf und versuchte dabei jetzt vor allem nachzuweisen, daß die **Reinitzersche** "trübe Schmelze" physikalisch einheitlich sei. Dies war der eigentlich entscheidende Punkt, denn die Beobachtungen selbst legten die Annahme fließender Kristalle keineswegs zwingend nahe: stattdessen hätte sich auch ein "Brei fester Kristalle und einer Flüssigkeit oder eine Emulsion zweier Flüssigkeiten" annehmen lassen, wie dies einige seiner Kritiker auch getan haben (s. u.). **Lehmann** dagegen sah nun jene Schmelze tatsächlich als physikalisch einheitlich an. Mittels eines geeigneten Lösungsmittels sei es ihm gelungen, "die Kristallindividuen zu isolieren" und, neben ihrem "mechanischen Verhalten", vor allem "ihre Gestaltung beim Wachsen" zu untersuchen¹⁷.

14. Vgl. Fuchs: Classification der Mineralien (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.b), fol. 3r-v.

15. Fuchs: Notizen und Entwürfe zum Opal (BSB-Hs: Fuchsiana II.1), fol. 11r-v. Vgl. auch Fuchs (1833), S. 153. Bei Fuchs hing diese Ansicht auch mit seiner dynamischen Materieauffassung zusammen, d. h. die Umwandlung gestalteter in gestaltlose Körper galt ihm nicht nur als eine "bloße mechanische Veränderung" (wie etwa die Pulverisierung der Körper), sondern vielmehr als "chemischer Prozeß". Die Körper würden hierdurch "spezifisch oder qualitativ verändert", d. h. bei diesen "Verwandlungen" finde "ein tiefer in das Wesen der Materie eingreifender dynamischer Prozeß" statt. Vgl. Fuchs (1833), S. 153; Fuchs (1834), S. 164 (Herv. orig.).

16. Vgl. Reinitzer (1888), S. 435-8.

17. Vgl. Lehmann (1908), S. 24f.

Insbesondere diese letztere Eigenschaft, die Fähigkeit zu wachsen, war es, die **Lehmann** die untersuchten Produkte als (flüssige) Kristalle ansprechen ließ. Diese Fähigkeit hatte sich für ihn im Verlauf seiner Untersuchungen immer mehr zum eigentlichen Wesensmerkmal des Kristalls entwickelt¹⁸, d. h. der Unterschied zu den amorphen Stoffen lag nach **Lehmann** weder in deren optischem Verhalten (es gäbe ja bekanntlich auch nicht doppelbrechende Kristalle, d. h. "optisch anisotrop" und "kristallinisch" seien keineswegs notwendig verknüpfte Eigenschaften), noch in anderen physikalischen und chemischen Kennzeichen, sondern was

"den Kristall wesentlich von einem amorphen Stoff unterscheidet, ist, ..., seine Fähigkeit zu wachsen. Erst wer wachsende Kristallindividuen beobachtet hat, ist berechtigt, die betreffende Substanz als kristallinisch zu bezeichnen"¹⁹.

Diese Bestimmung des Wesens der Kristalle verweist nun vor allem auch auf den ideengeschichtlichen Hintergrund der **Lehmanschen** Lehre von den flüssigen Kristallen bzw. der "scheinbar lebenden Kristallen"²⁰, und dies war eben die zeitgenössische Biologie bzw. speziell die Entwicklungslehre **E. Haeckels**.

Lehmans Arbeiten hatten von Beginn an den 'Mikrokristallen' gegolten, d. h. den letztlich nur unter dem Mikroskop sichtbaren Kristallen bzw. kristallinen Strukturen, und dabei wiederum vor allem der 'Züchtung' solcher Kristalle bzw. den hierbei zu beobachtenden Wachstumserscheinungen. Zu diesem Zweck hatte er sein Kristallisationsmikroskop und die für seine Zielsetzung speziell erforderliche Heizungs Vorrichtung entwickelt. **Lehmann** hat selbst betont, daß zwar die Entdeckung der flüssigen Kristalle erst durch dieses Instrument möglich geworden sei, daß aber deren eigentlicher Ausgangspunkt doch ein anderer gewesen sei. Durch die "in physikalischen und chemischen Laboratorien erhaltene Anleitung" wäre er nie auf den Gedanken gekommen, ein solches Instrument zu konstruieren. Den Anstoß hierzu hätten vielmehr letztlich die "Untersuchungen auf dem Gebiete der

18. Damit ist gemeint, daß eben diese Fähigkeit in den späteren Arbeiten **Lehmans** zunehmend betont wurde, während andere Eigenschaften zurücktraten, wie die 1890 für den Kristall zusätzlich geforderte chemische Homogenität und die Anisotropie (und zwar bei Abwesenheit eines durch äußere oder innere Spannungen hervorgerufenen Zwanges). Vgl. Lehmann (1890), S. 462.

19. Lehmann (1908), S. 26 (Herv. orig.).

20. Vgl. etwa Lehmann (1908), S. 32.

Mikrobiologie" gegeben, zu welchen ihn sein Vater **F. X. Lehmann** (1823-1889) angeleitet hatte²¹. Sein Interesse sei von Beginn an darauf gerichtet gewesen, "die Beziehungen zwischen Kristallen und Organismen klarzulegen", besonders auch nachdem er in den Schriften **E. Haeckels** gefunden habe, daß diese Beziehungen sehr eng seien²². Und durch das Kristallisationsmikroskop (in Verbindung mit dem "Ultramikroskop" und der "Ultrafiltration") seien eben die Grundlage gegeben für eine analoge "Mikrophysik"²³, welche ähnliche Ziele verfolgt wie die mikrobiologische Erforschung der Zellstruktur der Organismen"²³. 178

Lehmann verstand also die flüssigen Kristalle gewissermaßen als 'Mikroben' bzw. 'Bakterien' der anorganischen Natur, oder anders gesagt: Einen wesentlichen Unterschied zwischen organischer und anorganischer Natur wollte er - zumindest in diesem mikroskopischen Bereich - nicht a priori annehmen. Er habe an seinen flüssigen Kristallen "eine Menge von Analogien zu dem Verhalten niedrigster Lebewesen" festgestellt, und dabei wurde ihm jetzt seine Unterscheidung zwischen kristallinen und amorphen Substanzen - daß nämlich die ersteren die Fähigkeit besäßen, zu wachsen - gewissermaßen im Umkehrschluß zum Beleg für eine mögliche 'kristalline Struktur' der Organismen: g

"Auch das Wachsen der Organismen spricht für Kristallstruktur, denn amorphe Stoffe wachsen nicht"²⁴. g

Nur die Annahme einer spezifischen "Lebenskraft" der Organismen könnte so letztlich einen wesentlichen Unterschied zwischen beiden Reichen begründen; ansonsten seien die Gestaltungen in beiden Reichen allein durch die "molekulare Richtkraft" bedingt (allenfalls magnetische oder elektrische Kräfte könnten hier u. U. modifizierend wirken). Die Annahme einer solchen Lebenskraft komme allerdings "physikalisch" erst dann in Betracht, "wenn durch sorgfältigen Vergleich der Erscheinungen bei flüssigen Kristallen und niedrigsten Organismen" deren "spezifische Wirkung" klargestellt sei. Solange dies aber nicht geschehen sei, könne von einem wesentlichen Unterschied von flüssigen Kristallen und Mikroben nicht

21. Vgl. Lehmann (1908), S. 5 (Herv. orig.).

22. Vgl. ebd.

23. Vgl. Lehmann (1908), S. 35 (Herv. orig.).

24. Lehmann (1908), S. 33.

ausgegangen werden²⁵. Und damit wird es dann verständlich, wenn **Lehmann** sich durch die flüssigen Kristalle bzw. durch seine Mikrophysik auch die "Aufklärung biologischer Fragen" versprach, etwa die Ergründung der "Quelle der Energie der Organismen" über das "Wirkungsgesetz der Molekularkräfte"²⁶.

Die Parallelen zu **Haeckel** sind offensichtlich. Dieser hatte etwa 1878 in seiner Schrift über *Zellseelen und Seelenzellen* - mit Blick auf den Vorwurf, daß die "Entwickelungslehre ... die lebendige Natur zu einem seelenlosen Mechanismus herabwürdigte, alle Ideale aus der realen Welt verbanne und die Poesie zerstöre" - nachdrücklich deutlich gemacht, daß er auch die niedersten Lebensformen bzw. alle "lebendige Materie" als "beseelt" ansah:

"Weit entfernt, an eine rohe und seelenlose Materie zu glauben wie unsere Gegner, müssen wir vielmehr in aller lebendigen Materie, allem Protoplasma, die ersten Elemente alles Seelenlebens annehmen: die einfache Empfindungsform der Lust und Unlust, die einfache Bewegungsform der Anziehung und Abstoßung. Nur die Stufen der Ausbildung und Zusammensetzung dieser Seele sind in den verschiedenen lebendigen Geschöpfen verschieden, ... Von diesem Gesichtspunkt aus sehen wir in der Lehre von der Zellseele den wichtigsten Fortschritt zur Versöhnung der idealen und realen Naturbetrachtung, der alten und neuen Weltanschauung!"²⁷.

Von der anorganischen Natur war hier nicht - oder zumindest nicht explizit - die Rede. Allerdings hat **Haeckel** dann 1917 in einer eigenen Schrift auch die *Kristallseelen* diskutiert, wobei er weitgehend ähnliche Gedanken entwickelte wie **Lehmann**²⁸.

Indirekt verwies **Haeckel** hier auch, wenn er von der "Versöhnung der idealen und realen Naturbetrachtung" sprach, auf die philosophische Grundlage der **Lehmansschen Molekularphysik**, nämlich einen *idealistischen Positivismus* im Sinne **H. Vaihingers** (vgl. hierzu vor allem Teil A.). Das eigentliche Ziel der Molekularphysik - bzw. überhaupt der Physik - sah **Lehmann** darin, "das Gesetz der Kraftwirkung" zu bestimmen, welche die "Moleküle" aufeinander ausübten. Die Frage, "ob die Moleküle existieren oder

25. Vgl. ebd. Zu Lehmanns Begriff der molekularen Richtkraft vgl. auch **Lehmann** (1908), S. 18-21; **Lehmann** (1888/89) II, S. 482-532. Ausführlich dargestellt hat Lehmann das hier skizzierte Verhältnis der flüssigen Kristalle zu den organischen Körpern vor allem in **Lehmann** (1906; 1907).

26. Vgl. **Lehmann** (1908), S. 33 & 35.

27. **Haeckel** (1878), S. 50f. (Herv. orig.).

28. Vgl. **Haeckel** (1917). Es ist anzunehmen, daß Haeckel den Begriff der "Kristallseelen" bereits früher verwendet hat. Eine konkrete Belegstelle hierfür ist mir allerdings bisher nicht bekannt geworden.

nicht, ist dabei Nebensache, deren Existenz ist aber nicht ausgeschlossen, sondern sogar höchst wahrscheinlich"²⁹. Eine Kraftwirkung sei nur verständlich, wenn wir im Stande seien, "unser eigenes Ich an Stelle des Dinges zu setzen, welches die Kraftwirkung ausübt oder erleidet", und in diesem Sinne könnten wir unser (unteilbares) Ich an die Stelle der kleinen (mikroskopischen) Teilchen setzen. Darum seien wir berechtigt, ganz allgemein zu sagen, die Stoffe verhielten sich so "als ob" sie aus kleinsten Teilchen ("Molekülen") bestünden, ohne befürchten zu müssen, die Genauigkeit der "Beschreibung der Erscheinungen" durch dieses "Gleichnis" zu beeinträchtigen. Dieses "Gleichnis" sei eben nicht als Hypothese zu verstehen, von welcher angenommen werde, sie könnte vielleicht später durch eine bessere ersetzt werden. Es sei vielmehr eine Annahme, die wir "nach der Natur des menschlichen Erkenntnisvermögens gebrauchen müssen"; zur (fragwürdigen) Hypothese würde diese vielmehr erst, wenn wir annehmen würden, "die Moleküle existieren wirklich"³⁰.

Damit stimmt dann schließlich auch zusammen, daß **Lehmann** auf der einen Seite die empirische Grundlage seiner Lehre der flüssigen Kristalle betonte, daß er diese selbst bzw. den Begriff dagegen als bewußte Setzung verstand. Seine Theorie sei - entsprechend der allgemeinen Konzeption seiner Mikrophysik in Analogie zur Mikrobiologie - nicht das Ergebnis "theoretischer Anschauungen", sondern vielmehr das Resultat "sorgfältig beobachteter Tatsachen"³¹. Und den (in den Augen seiner Zeitgenossen eben) "paradoxen Ausdruck 'flüssige Kristalle'"³² habe er ganz bewußt gewählt. Die Beobachtungen allein führten,

29. Vgl. Lehmann (1908), S. 35.

30. Vgl. Lehmann (1908), S. 10 (Herv. orig.). Vgl. auch Vaihinger (1911), S. xii. Und in diesem Sinne konnte Lehmann dann sagen: "Unsere Betrachtungen und die Eigenschaften der flüssigen Kristalle haben zu dem Ergebnis geführt, das Verhalten der Materie lasse sich exakt beschreiben unter Zuziehung des Gleichnisses, sie bestehe aus sich bewegenden Molekülen, welche gewisse Kräfte aufeinander ausüben". Lehmann (1908), S. 33 (Herv. B. F.). Ein Beleg für einen direkten Einfluß Vaihingers auf Lehmanns Begriff der Moleküle ist den mir vorliegenden Quellen nicht zu entnehmen. Es sei aber daran erinnert, daß ähnliche Gedanken vor allem auch von H. Hertz (1857-1894), Lehmanns Vorgänger auf dem Lehrstuhl für Physik in Karlsruhe, vertreten worden sind, worauf Vaihinger selbst verwiesen hat. Vgl. Vaihinger, a. a. O., S. xii.

31. Vgl. Lehmann (1908), S. 35.

32. Vgl. Lehmann (1908), S. 7 (Herv. B. F.).

wie schon gesagt, keineswegs zwingend zum Postulat der Existenz von "flüssigen Kristallen". Stattdessen hätte **Lehmann** auch - was dann zumindest begrifflich etwas weniger widersprüchlich gewesen wäre (und wie es seine Kritiker später auch vorgeschlagen haben; s. u.) - einfach von "doppelbrechenden" oder "anisotropen Flüssigkeiten" sprechen können³³. **Lehmann** selbst hat dies betont, wenn er später - vor allem mit Blick auf die bereits angesprochenen Beobachtungen seines 'Konkurrenten' **Reinitzer** (1857-1927) - sagte:

"Auf den Gedanken, daß hier flüssige Kristalle vorliegen, konnte niemand von selbst kommen und lediglich nach unfäßbaren physikalisch oder chemisch isomeren Modifikationen zu suchen, bot niemanden Interesse"³⁴.

Lehmann hat die flüssigen Kristalle eben nicht eigentlich 'entdeckt'. Er hat sie vielmehr ganz bewußt und systematisch 'produziert' oder, mit Bezug wieder auf seinen konzeptionellen Ausgangspunkt, die Mikrobiologie, formuliert: er hat sie systematisch 'gezüchtet'. In diesem Sinne sah später auch **D. Vorländer** (1867-1941) - einer der Physiker, welche die Theorie der flüssigen Kristalle systematisch auszubauen versuchten - die Bedeutung der Arbeiten **Lehmanns** vor allem in den von diesem entwickelten neuen Techniken und Verfahrensweisen für die Entdeckung polymorpher Modifikationen. Dies waren eben zum einen die Einführung der Heiz- und Kühlvorrichtung am Polarisationsmikroskop, zum anderen die Anwendung von "originellen Mischungsmethoden". Um eine "Substanz zu zwingen, eine charakteristische und verschiedenartige Gestalt zu zeigen", habe **Lehmann** sie unter dem Mikroskop mit verschiedensten anderen Stoffen (u. a. Olivenöl, Glyzerin, Anilin, Petroleum und Kolophonium) zusammengeschmolzen. Er habe "die Bedingungen der

33. Vgl. ebd.

34. Lehmann (1908), S. 24. Und, wie Lehmann weiter ausführte, gehörten "ein sehr geübtes Auge und eine sehr geübte Hand dazu, um bei den Reinitzer'schen Präparaten die Gestalt der fließenden Kristalle zu erkennen". Vgl. Lehmann, a. a. O., S. 26. Einer der Hintergründe dieser Aussage Lehmanns ist nun allerdings auch, daß er immer Wert darauf legte, als der eigentliche 'Entdecker' der flüssigen Kristalle zu gelten. So habe er etwa schon 1885 in Vorträgen diesen Begriff gebraucht, also drei Jahre bevor Reinitzer seine Entdeckungen bekannt gemacht hat. Vgl. oben Anm. 9. Vgl. hierzu dann vor allem auch Lehmann (1910), S. 94-112. Demgegenüber wollte allerdings Reinitzer festgehalten wissen (und dies belegte er durch seinen Briefwechsel mit Lehmann), daß dieser die fließenden Kristalle tatsächlich zuerst an seinen Präparaten habe schlüssig nachweisen können. Vgl. Reinitzer (1908), hier S. 213f.

Kristallisation (variiert)" und damit eine fast unbegrenzte Zahl von Kennzeichen und Hilfsmitteln zur Unterscheidung der flüssigen Kristalle gewonnen. Dem Chemiker, dem dieses "Verfahren der Verunreinigung von Substanzen unsympathisch" erscheine, hielt **Vorländer** entgegen, daß er beim Reinigen der Stoffe durch Umkristallisation aus verschiedenen Lösungsmitteln im Grunde ebenso vorgehe³⁵.

Mit Blick auf diese 'Produktion der flüssigen Kristalle' wären **Lehmanns** Arbeiten übrigens auch, dies sei hier zumindest angemerkt, für eine wissenschaftssoziologische Analyse nicht ganz uninteressant. Dies gilt etwa hinsichtlich der Beschreibung der Experimente bzw. der 'Überzeugungsprozeduren' **Lehmanns**³⁶ sowie hinsichtlich der Frage, wie weit seine "flüssigen Kristalle" als 'mineralogische Quasi-Objekte' im Sinne **B. Latours** verstanden werden können³⁷. Diese Aspekte müssen nun allerdings einer eigenen Studie vorbehalten bleiben. Stattdessen soll hier noch

35. Vgl. Vorländer (1908), S. 324f.

36. Seine zahlreichen Publikationen über die flüssigen Kristalle zeichnen sich eben vor allem durch eine sehr genaue Beschreibung der experimentellen Situation aus. Lehmanns Vorgehensweise bzw. seine 'Überzeugungsprozeduren' stellen sich so als der Versuch dar, ein "mental image" der "experimental science" herzustellen bzw. den Leser zu einem "virtual witness" zu machen, ähnlich wie dies S. Shapin anhand der "literary technology" R. Boyles beschrieben hat. Vgl. Shapin (1984), hier vor allem S. 490-7. Vgl. in dieser Hinsicht vor allem Lehmann (1921). In diesen Zusammenhang gehörten dann nicht zuletzt auch Lehmanns ausgedehnte 'Experimentalreisen' bzw. seine genauen Anweisungen bezüglich der Voraussetzungen und auch der technischen Anforderungen zur Durchführung seiner Versuche an auswärtigen Instituten. Ein Beispiel hierfür geben etwa die Experimente aus dem Gebiet der Molekularphysik, welche Lehmann im Jahr 1894 im physikalischen Institut Victor von Langs in Wien anlässlich der dortigen Naturforscherversammlung vorzuführen gedachte. Einen "eigentlichen Vortrag in der physikalischen Sektion", so schreibt er im April an von Lang, wolle er nicht halten: "... vielmehr wäre es mir lieber meine Versuche (vielleicht abends) einem möglichst kleinen Zuhörerkreis von Mitgliedern der physikalischen, chemischen und mineralogischen Sektion vorzuführen, welche sich speziell für das von mir bearbeitete Gebiet interessieren". Die Demonstrationen würden sich dann u. a. beziehen auf: "1) Enantiotropie und Monotropie 2) Künstliche Färbung von Krystallen 3) Flüssige Krystalle". Lehmann an Lang, 18.4.1894 (UBW-A: Nachlaß Victor von Lang) (Herv. orig.). Später erkundigte er sich nach geeigneten Räumlichkeiten, und vor allem gab er dann die ausdrückliche Anweisung, daß die (im Voraus übersandten) Sachen nicht ausgepackt werden sollten, bevor er selbst da sei. Lehmann an Lang, 22.7.1894 (UBW-A: Nachlaß Victor von Lang).

37. Vgl. hierzu Latour (1995), S. 71-7.

etwas ausführlicher auf die zeitgenössische Kritik und Rezeption der **Lehmanschen** Theorie eingegangen werden.

Diese Kritik betraf in den seltensten Fällen die experimentellen Ergebnisse bzw. die Beobachtungen **Lehmans**. Diese wurden durchaus anerkannt in dem Sinne, in dem **Vorländer** dies beschrieben hat (s. o.). Die Kritik richtete sich vielmehr gegen den Begriff der "flüssigen Kristalle" selbst, d. h. gegen die Verbindung der Begriffe 'flüssig' und 'kristallin', welche den klassischen Mineralogen - und überhaupt den klassischen Naturforschern - geradezu kontradiktorisch erscheinen mußte.

Im gewöhnlichen Verständnis hatte man in einem Kristall "einen homogenen festen Körper von bestimmter chemischer Zusammensetzung" zu sehen, "dessen physikalische Eigenschaften in allen parallelen Richtungen gleich, in verschiedenen Richtungen aber im allgemeinen verschieden sind". Als dessen äußeres Merkmal galt die regelmäßige geometrische Form. Und hinsichtlich seiner Entstehung wurde vor allem die ruhige bzw. "ungestörte Ausbildung" betont³⁸.

Dieser klassische Kristallbegriff war vor allem durch die Begriffsassoziation flüssig/formlos bzw. fest/geformt konstituiert, d. h. durch die Annahme, daß nur ein fester Körper eine Form haben könne bzw. daß ein flüssiger Körper notwendig formlos sei³⁹. Diese Begriffsassoziation hatte bereits in den 30-er Jahren des 19. Jahrhunderts **J. N. Fuchs** bei seinen Arbeiten zum *Amorphismus* Schwierigkeiten bereitet. **Fuchs** hatte ja schon mit **Lehmann** dahingehend übereingestimmt, daß auch er chemisch identische Körper in verschiedenen Kristallformen bzw. in verschiedenen Aggregatzuständen als unterschiedliche Arten betrachtet wissen wollte (s. o.). Und er stimmte mit **Lehmann** (sozusagen im umgekehrten Sinne) auch darin überein, daß die Unterscheidung des flüssigen und des festen Aggregatzustandes nicht mit den Merkmalen 'gestaltlos' und 'gestaltet' gleichgesetzt werden könnte: Auch den amorphen festen Körpern

38. Vgl. Fock (1888), S. 7; vgl. auch S. 30-48 (Herv. B. F.).

39. Hinsichtlich der antiken Grundlegung der klassischen Begriffsassoziation flüssig/formlos bzw. fest/geformt wäre natürlich vor allem Aristoteles zu nennen. Dieser hatte etwa in der "Meteorologie" festgeschrieben, daß alle Dinge entweder fest oder flüssig sind und ihre Verhaltensweisen nur in diesen beiden Zuständen möglich sind, es also einen dritten, mittleren nicht gibt, ... Vgl. Aristoteles: Meteorologie IV,10. 389a 3-5; vgl. auch a. a. O., IV,5. 382a 22-4.

käme eine 'Gestalt' zu, nämlich das "Unendlicheck - die Kugel". Die Kugelgestalt aber, welche "nicht mit Unrecht die Muttergestalt der Körperwelt" genannt werde, sei zugleich diejenige, "welche wir auch allen Flüssigkeiten beilegen". Die amorphen Körper hätten also, "abgesehen von der Starrheit, sehr viel Ähnliches mit dem Flüssigen". Zu einem entsprechenden Begriff - und hier blieb er dann eben ganz klassischer Mineraloge - konnte **Fuchs** sich allerdings nicht durchringen: Er würde die amorphen Körper ja

"starre Flüssigkeiten nennen, wenn es nicht nach unsern gegenwärtigen Begriffen eine contradictio in adjecto wäre"⁴⁰.

Ein zweites konstitutives Moment des klassischen Kristallbegriffs, nämlich dessen Entgegensetzung als Inbegriff der anorganischen Natur zu der hiervon grundsätzlich verschiedenen organischen Natur, läßt sich etwa mit **Kant** veranschaulichen. Dieser hatte in seiner *Kritik der Urteilskraft* zwischen der (anorganischen) Kristallisation als einer "freien Bildung der Natur" und der "auf Zwecke gerichteten" (d. h. teleologisch zu beurteilenden) Ausbildung organischer Körper unterschieden:

"Ich verstehe aber unter einer freien Bildung der Natur diejenige, wodurch aus einem Flüssigen in Ruhe, durch Verflüchtigung oder Absonderung eines Teils desselben (bisweilen bloß der Wärmematerie) das übrige bei dem Festwerden eine bestimmte Gestalt, oder Gewebe (Figur oder Textur) annimmt, ...⁴¹.

Die Paradoxie, welche so **Lehmanns** Begriff aus zeitgenössischer Sicht darstellen mußte, machte wiederum **Vorländer** 1908 in einer zusammenfassenden Darstellung der bisherigen Ergebnisse zum Problem der "flüssigen Kristalle" deutlich:

"Wenn man zum ersten Male von kristallinisch-flüssigen Substanzen und von flüssigen Kristallen hört, so wird man geneigt sein, ihre Existenz für unmöglich zu halten. Denn auf Grund vielfacher Erfahrung ist man gewohnt, mit dem Worte kristallinisch nur einen festen Körper zu bezeichnen und mit dem Worte flüssig ohne Weiteres den Begriff des Gestaltlosen,

40. **Fuchs** (1833), S. 155 (Herv. orig.).

41. **Kant**: *Kritik der Urteilskraft* (1790) B 249/A 245 (Weischedel, Werke 8, S. 455) (Herv. orig.). In diesem Zusammenhang hat Kant auch betont, daß dies kein kontinuierlicher Vorgang sei, d. h. er hat implizit eine Art 'Umwandlungspunkt' angenommen: "Die Bildung geschieht alsdann durch Anschließen, d. i. durch plötzliches Festwerden, nicht durch einen allmählichen Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand, sondern gleichsam durch einen Sprung, welcher Übergang auch das Kristallisieren genannt wird".

des Amorphen zu verknüpfen. ... Jede Änderung dieser traditionell vorgetragenen Lehre vom Aggregatzustand wurde von den Physikern und Kristallographen anfangs abgelehnt und der Chemiker schloß sich deren Gutachten an. Trotzdem sind die flüssigen Kristalle in den letzten Jahren zur Wirklichkeit geworden auf Grund der Ergebnisse physikalischer, physikalisch-chemischer und chemischer Forschungen"⁴².

Noch prägnanter beschrieb 1910 **V. Goldschmidt** die Paradoxie des Begriffs der "flüssigen Kristalle" in seiner Arbeit über *Das Wesen der Kristalle*, wobei er dann auch deutlich werden ließ, daß es hier eben um die Auflösung einer letztlich seit der Antike bestehenden Vorstellung über die Natur der Körper ging. Obwohl schon die ersten Beobachtungen **Lehmans** durchaus anerkannt worden seien, sei doch der Begriff der "'flüssigen Kristalle'" ... anfangs teils schweigend, teils laut allgemein abgelehnt" worden. Mit zunehmendem Beobachtungsmaterial (von **Lehmann**, später auch von **G. Tammann**, **R. Schenk** u. a.) habe man dann aber doch angefangen, "mit den Tatsachen auch den Namen und Begriff zu akzeptieren"⁴³. Damit allerdings

"kam .. der Begriff, den man bisher vom Kristall hatte, ins Wanken, ebenso der der Flüssigkeit. Die drei Aggregatzustände, oder doch zwei derselben, drohten ihren Halt zu verlieren. Man kam dazu, nicht mehr fest und flüssig, sondern kristallin und amorph zu unterscheiden. Man fand neben flüssigen Kristallen feste Lösungen. Hartes Glas wurde zu den Flüssigkeiten gerechnet und optisch aktive Flüssigkeiten zu den Kristallen, denen man den festen Aggregatzustand als erstes Erfordernis zuzuschreiben gewohnt war.

Die gelehrte Untersuchung und Spekulation führte auf Definitionen und Abgrenzungen, gegen die die seit Jahrtausenden eingeseessene Begriffsbildung sich auflehnte. Diese forderte ihre drei Aggregatzustände: gasförmig, flüssig und fest und verlangte von der Wissenschaft für diese eine Begründung"⁴⁴.

Goldschmidt hielt diese Forderung auch durchaus für "berechtigt". Sie entspräche "dem Wesen der Dinge", und es sei sehr wohl möglich, für die von **Lehmann** beobachteten Phänomene "eine Erklärung zu geben, ohne mit den drei Aggregatzuständen zu brechen"⁴⁵. **Goldschmidts** Lösung des Problems war so letztlich die 'klassische': Er kritisierte nicht die Beobachtungen selbst, sondern den Begriff, und er schlug schließlich vor, statt von

42. Vorländer (1908), S. 321f. (Herv. B. F.). In dieser Arbeit findet sich auch (S. 398-402) eine Zusammenstellung der wesentlichen Literatur über die flüssigen Kristalle bis zum Jahr 1908.

43. Vgl. V. Goldschmidt (1910), S. 391; vgl. hierzu dann auch S. 372.

44. V. Goldschmidt (1910), S. 391f.

45. Vgl. V. Goldschmidt (1910), S. 392.

"flüssigen Kristallen" besser von "orientierten Flüssigkeiten" zu sprechen⁴⁶. Wenn auch gerade jetzt manche zu der Ansicht neigten, der Gegensatz zwischen den Aggregatzuständen sei zu beseitigen, so bleibe doch festzuhalten, daß "ein Gegensatz (besteht) zwischen dem festen und flüssigen Zustand, ..., wenn auch die Grenze nicht immer scharf ist"⁴⁷.

Damit sind jetzt auch gewissermaßen die beiden Pole abgesteckt, zwischen denen sich die Diskussion bewegte. Eine Gruppe von Kritikern sah, wie hier eben **Goldschmidt**, die flüssigen Kristalle vor allem als ein terminologisches Problem an. Hierzu gehörte etwa auch **Groth**. Obwohl er die flüssigen Kristalle wegen ihrer leichten Deformierbarkeit von den Kristallen geschieden wissen wollte, wandte er sich doch weniger gegen **Lehmans** Ergebnisse selbst, als vielmehr gegen den Begriff, und auch er schlug vor, hier besser von "anisotropen Flüssigkeiten" zu sprechen⁴⁸. In die gleiche Richtung wies die Kritik **A. E. H. Tuttons** (1864-1938). Auch ihn störte zunächst vor allem der Begriff: Das Wort 'Kristall' "should undoubtedly be left to convey the idea of rigidity of polyhedral form and internal structure", welche die eigentliche Grundlage der Kristallmessung sei, und er könne deshalb "these remarkable bodies" nicht als "true crystals" ansprechen⁴⁹. Seine Kritik richtete sich weiter gegen einzelne der von **Lehmann** beschriebenen Phänomene⁵⁰, und vor allem mochte er diesem in den weitergehenden Folgerungen seiner Theorie nicht zu folgen, insbesondere eben dort, wo **Lehmann** die flüssigen Kristalle mit lebenden Organismen bzw. mit Bakterien verglich⁵¹. Auf der anderen Seite betonte aber gerade **Tutton** immer wieder die Bedeutung der **Lehmann** Arbeiten: die flüssigen Kristalle waren ihm "one of the most remarkable facts for which the last few decades have been famous", und trotz der Kritik im einzelnen sei es unbestritten, "that the 'flowing crystals' with which he has made us acquainted are an indubitable experimental fact, although whether they are really crystals is another matter"⁵².

46. Vgl. ebd.

47. Vgl. V. Goldschmidt (1910), S. 139.

48. Vgl. Groth (1919), S. 651f. Vgl. auch Groth (1915b), S. 500.

49. Vgl. Tutton (1924), S. 3 & 223.

50. So vermutete er etwa, daß die von Lehmann am Silberjodid beobachteten Phänomene nur dann aufträten, wenn dieses chemische Beimengungen enthalte bzw. nicht 'rein' sei. Vgl. Tutton (1924), S. 215f.

51. Vgl. Tutton (1924), S. 223.

52. Vgl. ebd.

Eine zweite Gruppe von Kritikern, welche sich (im Gegensatz zu den gerade genannten) mit dem Problem der flüssigen Kristalle auch nicht nur theoretisch auseinandergesetzt hat, meldete vor allem Zweifel daran an, daß es sich bei **Lehmanns** Produkten tatsächlich, was ja das eigentlich entscheidende war, um homogene Substanzen (also eben nicht um Mischungen) handelte. So erklärte etwa **G. Quincke** (1834-1924) mit Bezug auf seine Untersuchungen von ölsauren Alkalien bzw. von Myelinformen, welche für **Lehmanns** Theorie ein entscheidendes Gewicht hatten⁵³, die flüssigen Kristalle durch "geringe Mengen ölartiger Flüssigkeit, die sich in der erkaltenden Flüssigkeit abscheidet"⁵⁴. **G. Wulff** vermutete, daß wir in den "Stoffen, welche die sogenannte krystallinisch-flüssige (trübe) Phase geben, nicht homoge Körper im chemischen Sinne, sondern wahrscheinlich ein Gemisch zweier isomorpher, oder allgemeiner gesagt isodimorphe Körper" vor uns hätten, wovon der eine Körper den Schmelzpunkt unterhalb des Umwandlungspunktes in die zweite feste Phase habe, der andere aber oberhalb⁵⁵. Der Ausgangspunkt der Kritik **Wulffs** waren seine Untersuchungen u. a. an dem von **Reinitzer** untersuchten Cholesterylbenzoat, vor allem aber der Widerspruch, welcher sich aus der Annahme eines kristallin-flüssigen Zustandes zur allgemeinen Phasenlehre ergab. Die Annahme des flüssig-kristallinen Zustandes als einer eigenständigen Phase impliziere im Einzelfall (d. h. für die Umwandlungstemperatur in die definitive feste Phase) für einen unabhängigen Bestandteil (d. h. für einen Stoff) die Annahme der Koexistenz von vier Phasen (flüssig, flüssig-kristallin, fest und gasförmig), was aber eben nach der Phasenregel nicht möglich sei⁵⁶.

53. Myeline sind Lipoidgemenge, die in manchen Organen (etwa den Nebennieren) vorkommen und im polarisierten Licht Doppelbrechung zeigen. Lehmann erklärte die Entstehung der Myelinformen durch Ausbreitung flüssiger Kristalle auf der Oberfläche isotrop flüssiger Tropfen; diese stellten "gewissermaßen Zellen" dar, "deren Haut kristallinisch-flüssig, deren Inhalt isotrop-flüssig ist". Vgl. Lehmann (1908), S. 32.

54. Vgl. Quincke (1894), S. 632.

55. Vgl. Wulff (1908), S. 213.

56. Vgl. ebd. Dieser Widerspruch zur Phasenregel war einer der (später) am häufigsten vorgebrachten Kritikpunkte. Lehmann versuchte diesen Widerspruch mit seiner Grundannahme der Verschiedenheit der Moleküle in den verschiedenen Modifikation bzw. Aggregatzuständen der Körper zu erklären. Vgl. etwa Lehmann (1910), S. 53.

Die Phasenlehre war dann auch der Ausgangspunkt der Kritik des zunächst in Dorpat, später in Göttingen tätigen estnischen Physikers **G. Tammann** (1861-1938). Er kritisierte **Lehmanns** flüssige Kristalle, aber zugleich war es eigentlich **Tammann**, der die von **Lehmann** geforderte Auflösung der klassischen Begriffsassoziation 'fest/kristallin' bzw. 'flüssig/amorph' allererst verwirklicht bzw. die Aggregatzustände neu bestimmt hat. In seiner Bestimmung des 'festen Zustandes' machte er zunächst deutlich, daß dies letztlich ein relativer Begriff sei:

"Als charakteristisches Merkmal für den festen Zustand betrachtet man eine gewisse nicht näher bestimmte Grösse der inneren Reibung, welche jedenfalls so bedeutend sein muss, dass der Zeitraum, in welchem eine Änderung der Form des Körpers unter dem Einfluß seines eigenen Gewichtes vor sich geht, recht erheblich ist"⁵⁷.

Tammann gestand auch zu, daß es wesentlich die Auffindung der flüssigen Kristalle durch **Lehmann** war, welche "die alten Merkmale des festen Zustandes ganz unbrauchbar gemacht" hätten. Darüber, ob ein Stoff sich im festen oder im flüssigen Zustand befinde, könne man letztlich aus dessen 'statischen Eigenschaften' überhaupt nicht schließen; entscheidend hierfür sei es vielmehr, den "Weg" zu kennen,

"auf dem derselbe in den zu beurtheilenden Zustand gelangt. Ist auf diesem Wege, längs einer Isobare oder Isotherme eine discontinuierliche Änderung seiner Eigenschaften eingetreten, so hat eine Zustandsänderung stattgefunden, die Flüssigkeit ist erstarrt oder der feste Stoff geschmolzen"⁵⁸.

In diesem Sinne wollte **Tammann** den Begriff der "festen Phase" überhaupt aufgeben. Stattdessen sollte von "kristallisierter Phase" bzw. (bei einem festen, isotropen Stoff) von "amorpher" oder "glasiger" Phase gesprochen werden. Dabei machte er dann allerdings auch deutlich, daß es sich bei denjenigen Phänomenen, welche als 'flüssige Kristalle' beschrieben wurden, entweder um "Zwangszustände", also durch äußere Einwirkung in den Substanzen künstlich erzeugte Phänomene, oder aber um gewissermaßen instabile Zustände handelte, welche nur bei Temperaturen weit unterhalb der Gleichgewichtstemperatur aufträten⁵⁹.

57. Tammann (1897), S. 284.

58. Ebd.

59. Vgl. Tammann (1903), S. 4-8. Für die Auflösung der Begriffsassoziation fest/kristallin sprach sich etwa auch der russische Physiker B. Weinberg (geb. 1871) aus, wobei dieser dann allerdings gerade darin ein Argument für die Möglichkeit der Existenz flüssiger Kristalle sah. Zwischen festen und flüssigen bzw. kristallinen und amorphen Körpern bestehe kein qualitativer, sondern allein ein quantitativer Unterschied. Das einzige Merkmal, welches allein dem kristallinen Zustand zukomme, sei die Verschiedenheit der Eigenschaften in verschiedenen

Fassen wir diese zeitgenössische Kritik zusammen, so ist das eigentlich Bemerkenswerte an ihr, daß sie sich zwar gegen die konkrete Form richtete, in der **Lehmann** seine Theorie der flüssigen Kristalle vorgetragen hat (d. h. gegen einzelne Beobachtungen, gegen die Begrifflichkeit und auch gegen einige ihrer philosophischen Erweiterungen), daß sie sich aber eben nicht gegen 'die Sache selbst' richtete. **Lehmans** Theorie war, aus der Sicht der klassischen Bestimmung des kristallinen Zustandes bzw. der Aggregatzustände, ein 'Paradoxon', und in diesem Sinne steht sie, wie zu Beginn gesagt, für die 'Produktion von Paradoxien' als einem Merkmal der Moderne. Aber gerade diese Paradoxie war es, die - abgesehen eben von der konkreten Form, in der sie bei **Lehmann** formuliert worden war - seinen Kritikern am wenigsten Schwierigkeiten bereitete. Auffällig ist so vor allem, daß ein solcher (paradoxyer) Begriff wie der der "flüssigen Kristalle" in der Moderne des 20. Jahrhunderts möglich geworden ist, d. h. daß die Moderne sowohl die materialen, die philosophischen und nicht zuletzt die soziologischen Voraussetzungen dafür geschaffen hatte, die einen solchen Begriff - wie es **Vorländer** ausgedrückt hat - zur Wirklichkeit werden lassen konnten. Trotz ihrer 'inneren Widersprüchlichkeit' wurde **Lehmans** Theorie - und zwar eben mit dieser Widersprüchlichkeit - von der Moderne gleichsam selbstverständlich assimiliert.

Es kann nun zwar nicht übersehen werden, daß die "lebhafteste Opposition", welche **Lehmans** Arbeiten bei seinen Zeitgenossen hervorgerufen haben, auch darin begründet war, daß ihn seine Untersuchungen, wie es sein ehemaliger Lehrer **Groth** einmal formuliert hat, "mehrfach zu Deutungen der Erscheinungen" geführt haben, die "mit manchen der herrschenden physikalischen Lehren nicht im Einklang standen"⁶⁰. Trotzdem spricht aber eben die

Richtungen, und diese könne keineswegs im allgemeinen dem festen Körper im üblichen Sinn des Wortes zugeschrieben werden. Die Identifizierung von kristallinem und festem Zustand (als eine der Grundlagen der Verneinung der Existenz flüssiger Kristalle) müsse deshalb endgültig ausgeschlossen werden. Vgl. Weinberg (1908), S. 831f.

60. Vgl. Groth (1919), S. 650; vgl. hierzu dann auch Tutton (1924), S. 223. So hat Lehmann etwa, worauf Groth verwies, die Theorie des osmotischen Druckes abgelehnt. Oder er hat das Vorkommen polymorpher Modifikationen als Unmöglichkeit bezeichnet (s. o.). Auch die Ablehnung der Raumgitterhypothese (wie sie ihm zumindest von seinen Kritikern unterstellt wurde) war nicht geeignet, seinen Arbeiten eine breite Akzeptanz zu sichern. Lehmann hatte diesem Einwand allerdings immer entgegengehalten, daß er die Raumgitterhypothese der Kristalle nicht in dem Sinne kritisierte, daß er gegen die Annahme der Anordnung der Moleküle eines homogenen Kristalls in einem regelmäßigen Punktsystems sei.

Kritik bzw. die Rezeptionsgeschichte dafür, daß die konkrete Auseinandersetzung um die Lehre von den flüssigen Kristallen in erster Linie, wie dies auch bereits angedeutet worden war, unter wissenschaftssoziologischen Gesichtspunkten zu bewerten wäre.

Einige Hinweise dazu, wie diese Auseinandersetzung konkret geführt wurde, gab **Lehmann** selbst. Seinem Bericht zufolge war sie vor allem bestimmt von "Autoritätsglauben", "Verdrehungen und Übergehungen" sowie dadurch, daß die "Entscheidung in materiellen Angelegenheiten .. häufig, um nicht zu sagen in der Regel, in den Händen von Nichtsachverständigen" liege⁶¹. Dies hat **Lehmann** auch im Hinblick auf eine von der *Bunsen-Gesellschaft* im Januar 1906 eingesetzte Kommission zur Untersuchung der flüssigen Kristalle formuliert, als deren Mitglieder zunächst, neben **Lehmann**, **J. H. van't Hoff**, **R. Schenk** und **G. Tammann** vorgesehen waren⁶². Über ein konkretes Ergebnis bzw. eine konkrete Tätigkeit dieser Kommission wird dann von **Lehmann** allerdings nichts berichtet⁶³.

Dem wäre also noch weiter nachzugehen. Und dies gilt dann nicht nur für die Lehre von den flüssigen Kristalle im engeren Sinne, sondern überhaupt für **Lehmanns** Leben und Werk. Insbesondere die - von Seiten der Wissenschaftsgeschichte bisher eben weitgehend unberücksichtigt gebliebene - Geschichte seiner *Molekularphysik* wäre hier ein lohnendes Thema. Lassen wir in diesem Sinne vielleicht abschließend noch einen gewissermaßen 'unparteiischen Zeugen' zu Wort kommen, nämlich den Meteorologen und Geophysiker **A. Wegener**, der 1910 **Lehmanns Molekularphysik** 'entdeckte':

g.

Er wende sich allein gegen die "Continuitätshypothese", d. h. gegen die Annahme, daß dieses Punktsystem bei (chemischen oder mechanischen) Veränderungen des Kristalls unverändert fortbestehe. Vgl. etwa Lehmann (1908), S. 13f.

61. Vgl. Lehmann (1910), S. 94-112, hier S. 105f.

62. Vgl. Lehmann (1910), S. 104.

63. Soweit es zu übersehen ist, scheint diese Kommisssion letztlich nicht zustande gekommen zu sein. So fragte etwa im Mai 1906 van't Hoff auch bei Groth an, ob dieser zur Mitarbeit bereit wäre bzw. in der Kommission mit Lehmann zusammenwirken wolle: "Wir wären Sie dafür aufs sehrste dankbar, und versprechen uns von diesem Vorgehen eine wesentliche Meinungskklärung". Van't Hoff an Groth, 26.5.1906 (BSB-Hs: Grothiana X/Hoff 28). Abgesehen von einer kleineren (1919 erschienenen) Arbeit "Über den kristallisierten und amorphen Zustand organischer Verbindungen und über die sogenannten flüssigen Kristalle" (vgl. Groth, 1919) hat Groth sich aber wohl mit dem Problem der flüssigen Kristalle nie näher beschäftigt.

"In Lehmanns (der die flüssigen Kristalle fand)
'Molekularphysik' habe ich eine prächtige Erklärung der
Entstehung der Schneeflocken gefunden. Alle kristallisierenden
Substanzen bilden unter bestimmten, meist leicht herstellbaren
Bedingungen nicht reguläre Kristalle, sondern
"Kristallskelette" aus. Lehmann hat eine große Zahl
verschiedener Substanzen untersucht. ... Sein Kapitel über
Skelettbildung beginnt mit dem Hinweis auf die
Schneekristalle. Sein Buch ist schon 1888 erschienen, ich habe
aber bisher nirgends, weder in Physikbüchern, noch in
meteorologischen, von diesen wichtigen Untersuchungen gelesen.
Sind sie wirklich den Meteorologen noch unbekannt?"⁶⁴

64. Wegener an Köppen, 14.11.1910 (DM-S: 1968-595/13; N 1/13).

3. Das Ende der Antike: Chemische Geologie und preußische Staatsphilosophie

1779 veröffentlichte der schwedische Chemiker und Mineraloge **Johan Gottschalk Wallerius** (1709-1785) seine *Meditationes physico-chemicae de origine mundi, inprimis geocosmi ejusdemque metamorphosi*, die *Physisch-chemischen Betrachtungen über den Ursprung der Welt, besonders der Erdwelt und ihrer Veränderungen*, wie das Werk in der deutschen Übersetzung von **C. F. Keller** hieß. **Wallerius** Ziel war es, seinen "Lehrbegriff vom Ursprunge der Welt [d. h. hier: der Gesteine bzw. der Gesteinsschichten; B. F.] aus dem Wasser"¹ darzulegen, und zwar auf der Grundlage einer "Physischen Chemie", deren Aufgaben und Grundsätze er 1772 skizziert hatte. Das Werk hat eine weite Verbreitung² gefunden, wurde dabei allerdings keineswegs als - weder inhaltlich noch methodisch - grundlegend neuartig oder gar als im Widerspruch zu zeitgenössischen Auffassungen stehend empfunden. Es befand sich vielmehr im Einklang mit den Überzeugungen der überwiegenden Mehrzahl der Naturforscher seiner Zeit, und **Wallerius** selbst hat betont, daß sein Lehrbegriff durchaus nicht neu sei, sondern vielmehr - wie **Strabo** berichte - etwa schon von **Homer**, **Thales von Milet** oder auch den "indianischen Brachmannen und übrigen Morgenländern" vorgetragen worden sei³.

Etwa 70 Jahre später unternahm der Bonner Professor für Chemie und Technologie, **Carl Gustav Bischof** (1792-1870), einen ähnlichen Versuch. Auch er setzte sich zum Ziel, den Ursprung der Erde bzw. der Gesteine auf der Grundlage der Physik und der Chemie zu erklären. Die "Erde, soweit wir sie kennen", so **Bischof** in der Vorrede zum 1847 erschienenen ersten Band seines berühmten *Lehrbuchs der chemischen und physikalischen Geologie*, sei "ein großes chemisches Laboratorium, worin seit der Schöpfungsperiode ununterbrochen fort chemische Processe von statten gehen", und von selbst dränge sich deshalb die Frage auf, ob es überhaupt

1. Vgl. Wallerius (1782), S. 175; vgl. auch S. 166-8.

2. So war etwa auch schon 1780 eine französische Übersetzung erschienen. Vgl. J. G. Wallerius: De l'origine du monde et de la Terre en particulier; ouvrage dans lequel l'Auteur développe ses Principes de Chymie & de Minéralogie, & donne, en quelque manière, un abrégé de tous ses Ouvrages. Paris 1780.

3. Vgl. Wallerius (1782), S. 175f.

"eine andere, als eine chemische und physikalische Geologie geben könne?"⁴

Im Gegensatz zu **Wallerius** fanden **Bischofs** Bemühungen bei seinen Zeitgenossen ein eher geteiltes Echo. Man gestand ihm durchaus zu, daß er durch diesen neuen Gesichtspunkt "vieles berichtigen" und über anderes habe "aufklären" können, und er so zum "Begründer einer neuen chemisch-geologischen Schule geworden" sei⁵. Allerdings wollte man diesen Gesichtspunkt keineswegs als den allein gültigen oder gar als eigentliche Grundlage der Geologie akzeptieren. Seine "neuen Hypothesen" seien "mindestens ebenso einseitig und gewagt .. als diejenigen, welche bis dahin einen Theil der Geologen ungebührlich beherrscht hatten"⁶.

Wiederum etwa 70 Jahre später, im Jahr 1903, war es **Charles Richard Van Hise** (1857-1918), Mitglied des *Advisory Committee on Geophysics* der Carnegie Institution in Washington, der die Bedeutung der Physik und der Chemie für die Geologie betonte und in diesem Sinne die Einrichtung eines Geophysikalischen Laboratoriums forderte. Solange die Geologie eine beschreibende Wissenschaft geblieben sei, habe sie der Chemie und der Physik kaum bedurft. Jetzt aber sei die Zeit gekommen, in der die Geologen nicht mehr nur mit der bloßen Beschreibung zufrieden seien:

"They desire to interpret the phenomena they see in reference to their causes - in other words, under the principles of physics and chemistry"⁷.

Und er sei überzeugt, daß eine solche Betrachtungsweise für die Wissenschaft der Geologie eine viel größere Revolution zur

4. Vgl. Bischof, Lehrbuch I (1847), S. VII (Herv. orig.).

5. Vgl. Cotta (1866a), S. 537. Vgl. auch Gümbel (1875), S. 665.

6. Vgl. Cotta (1866a), S. 537. Es sei zumindest angemerkt, daß die Ablehnung, welche Bischof bei seinen Zeitgenossen erfuhr, sicher auch noch einige andere als die im Folgenden entwickelten Gründe hatte. Nicht zu übersehen wäre hierbei etwa, daß gerade L. von Buch, der führende deutsche Geologe zur Zeit Bischofs, die chemische Geologie wenig geschätzt hat. So schreibt etwa A. von Humboldt an E. Mitscherlich, daß er die "chemische Geologie" (besonders diejenige Mitscherlichs) eben so liebe, als "L. v. Buch sie leider hasste". Humboldt an Mitscherlich, o. D. (DM-S: Hs. 319). Die Vergangenheitsform deutet darauf hin, daß der Brief Humboldts nach Buchs Tod (also nach 1853) geschrieben wurde, was auch dadurch unterstützt wird, daß Humboldt in einem weiteren (ebenfalls nicht datierten) Schreiben an Mitscherlich um Auskünfte bezüglich der Eifelmaare bat, womit sich Mitscherlich erst spät in seinem Leben beschäftigt hatte. Humboldt an Mitscherlich, o. D. (DM-S: Hs. 317).

7. Van Hise (1904a), S. 174 (Herv. B. F.).

Folge haben werde, als sie sie jemals in ihrer Geschichte erlebt habe⁸. Und wenngleich manche seiner zeitgenössischen Fachkollegen auf einzelne 'technische Schwierigkeiten' - hohe Drücke im Erdinneren, lange Zeiträume geologischer Prozesse usw. - verwiesen, so wollte ihm doch keiner davon grundsätzlich widersprechen.

Dies sind drei - auf den ersten Blick sehr ähnlich klingende - Versuche, die Physik und die Chemie zur Grundlage der Geologie zu machen. Sie unterscheiden sich zunächst durch die Zeit, in der sie entstanden sind, vor allem aber durch die Resonanz, welche sie bei ihren Zeitgenossen fanden. Der erste, **Wallerius**, stand mit am Beginn derjenigen Phase, welche wir als die wesentliche in der Entwicklung einer modernen Geowissenschaft ansehen und welche mit den Namen von **G. Arduino** (1714-1795), **A. G. Werner** (1749-1817), **James Hutton** (1726-1797) u. v. a. verbunden ist. Sein Versuch fügte sich wie selbstverständlich ein in diese Entwicklungsphase der Geologie: Das Verhältnis von Geologie, Physik und Chemie war 'ungebrochen'.

Ganz anders um die Mitte des 19. Jahrhunderts die "chemische und physikalische Geologie" **Bischofs**: sie wurde von seinen Zeitgenossen als 'Fremdkörper' empfunden - als nicht (oder nicht mehr) zeitgemäß. Was als Grundlage einer neuen Geowissenschaft gedacht war, galt eher als ein Relikt aus den Anfängen der Geologie. Das Verhältnis von Geologie, Physik und Chemie schien 'gebrochen' oder zumindest 'gestört'.

Und schließlich **Van Hise**: Er wollte die Beziehung zwischen Geologie, Physik und Chemie allererst begründen oder doch zumindest neu bestimmen, wobei er sich der breiten Zustimmung seiner Fachgenossen sicher sein konnte. **Van Hise** sah sich am Beginn einer neuen, jetzt erst wirklich 'wissenschaftlichen' Geowissenschaft stehen, deren Grundlage die Physik und die Chemie sein sollten. Die Ordnung war wieder hergestellt.

Die 'gestörte Ordnung' - die scheinbar widersprüchliche Beziehung zwischen Geologie, Physik und Chemie um die Mitte des 19. Jahrhunderts - wird uns hier beschäftigen. Die Aufnahme der neuen physikalischen Chemie in den Jahrzehnten um 1900 gilt - nicht nur aus heutiger, sondern auch aus zeitgenössischer Sicht - als das wesentliche Kennzeichen der Begründung einer modernen Petrologie und Geochemie. Angesichts der historischen Situation

8. Vgl. Van Hise (1904a), S. 173.

erscheint diese Bestimmung allerdings widersprüchlich, war doch die Anwendung physikalischer und chemischer Betrachtungsweisen in den Geowissenschaften - wie das eingangs genannte Beispiel von **Wallerius** zeigen sollte - durchaus nicht neu: Sie war vielmehr geradezu das Kennzeichen der klassischen Geowissenschaft⁹.

Dies ist jetzt nicht so zu verstehen, daß die Anfänge der modernen Geochemie schon bei **Bischof** oder gar bei **Wallerius** zu sehen sind (wiewohl einzelne ihrer Erkenntnisse bzw. Fragestellungen für diese durchaus Gültigkeit behalten haben). Die Anwendung der neuen physikalischen Chemie auf Probleme der Geowissenschaften am Ende des 19. Jahrhunderts stellte tatsächlich einen grundlegenden Wandel dar, und die Pioniere jener Entwicklung - wie etwa **Van Hise** - hatten durchaus recht, wenn sie sich am Beginn einer neuen Geowissenschaft stehen sahen, die mit der ihrer Vorgänger kaum noch etwas zu tun hatte. Dies resultierte aber nun eben nicht daraus, daß sie - wie sie dies vielfach selbst propagierten - 'erstmalig' physikalische und chemische Methoden auf die Geowissenschaften angewandt haben (und auch nicht aus grundlegend besseren technischen Möglichkeiten, die ihnen eigentlich zunächst kaum zur Verfügung standen). Der Unterschied zwischen der klassischen chemischen Geologie und der Geochemie der Moderne liegt vielmehr in einer verschiedenen Bestimmung des Verhältnisses von Physik, Chemie und Geologie: Sowohl in der Klassik als auch in der Moderne basierte diese Bestimmung auf der Vorstellung der Einheit von Physik, Chemie und Geologie. Wollte die Klassik dabei aber nur eine von der Natur selbst vorgegebene Einheit - d. h. eine physische Einheit im Sinne eines klassischen (aristotelischen) Naturbegriffs - akzeptieren, so war eine solche 'physische Einheit' in der Vorstellung der Moderne allererst herzustellen bzw. zu 'produzieren'.

Im Folgenden soll dieser Begriff einer klassischen chemischen Geologie bzw. das Verhältnis von Physik, Chemie und Geologie, wie es von dieser bestimmt wurde, entwickelt werden.

9. Betrachtet man sich die Geschichte der Geowissenschaften als Ganzes - und eben nicht nur die kurze Phase von etwa der Mitte des 18. Jahrhunderts an - so ~~erscheinen~~ ^{er} die Physik und die Chemie eigentlich immer als wesentliche Grundlagen der Geowissenschaft, abgesehen eben von einer sehr kurzen Phase, die in etwa von der Mitte des 18. Jahrhunderts bis in die letzten beiden Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts reicht. Vgl. hierzu vor allem auch B. Fritscher (1991a), hier vor allem S. 21-38 & 81-96.

Dies geschieht vor allem anhand einer spezifischen Kultur der chemischen Geologie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, der chemischen und physikalischen Geologie **C. G. Bischofs** als dem umfangreichsten und fundiertesten Versuch der klassischen Geowissenschaft, chemische und physikalische Kenntnisse für die Geologie fruchtbar zu machen. **Bischofs** Werk ist wesentlich zu verstehen aus dem Kontext der romantisch-idealistischen Naturforschung, wie sie in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts als gewissermaßen 'offizielle preußische Staatsphilosophie' viele der deutschen Hochschulen beherrscht hat. Im Hinblick auf diesen geistesgeschichtlichen Kontext der chemischen Geologie **Bischofs** wird dann in einem eigenen Kapitel auch die chemische Geologie der romantisch-idealistischen Naturphilosophie selbst etwas eingehender behandelt. 9-

Die klassische chemische Geologie bezeichnet gewissermaßen das 'Ende der Antike' in den Geowissenschaften, sie ist Höhepunkt und Abschluß einer Entwicklung, welche ihre Ursprünge letztlich in der antiken Naturforschung hat¹⁰. Das bedeutet nicht, daß dort nicht einzelne Erkenntnisse und Fragestellungen der modernen Geochemie vorweggenommen sind. Aber die Forschungskonzeption der klassischen chemischen Geologie, die "Haltung des erkennenwollenden Intellektes dem Gegenstande gegenüber"¹¹, ist eine andere als die der Moderne. Die Forschungskonzeption der modernen Geochemie kann durchaus - aus heutiger Sicht - als Fortsetzung der klassischen interpretiert bzw. diese in eine 'moderne Form transformiert' werden. Aber die moderne Konzeption kann, bedingt durch die unterschiedlichen Naturbegriffe, nicht ihrerseits in die klassische 'transformiert' werden. Sie war dort nicht 'vorgesehen', oder anders gesagt: Die Klassik kann in der Moderne - wenngleich auch nur als 'Sonderfall' - aufgehoben 2-

10. An anderer Stelle habe ich dies mit Bezug auf den - sich in der Bedeutung chemischer und experimenteller Methoden im Vulkanismusstreit manifestierenden - Wandel von einem ('antiken') phänomenologischen und zu einem ('modernen') konstruktiven Erfahrungsbegriff zu belegen versucht. Vgl. hierzu vor allem B. Fritscher (1991a), S. 222-282; vgl. auch B. Fritscher (1990). Auch in der vorliegenden Studie werden diese antiken Wurzeln der Erdwissenschaften in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts eher mit Bezug auf die Naturkonzeption bzw. den Naturbegriff untersucht. Daß aber hier antike Auffassungen auch sehr direkt zum Tragen kamen, dies zeigt (am Beispiel des Begriffs des "Klimas") etwa Feldman (1993).

11. Vgl. Meurers (1976), S. 43.

werden, diese dagegen kann ihrerseits nicht mehr auf jene reduziert werden.

3.1. C. G. Bischof: Eine "physische Chemie" der Erde

Carl Gustav Bischof ist heute vor allem durch seine 1837 veröffentlichte *Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers*¹² bekannt sowie durch sein monumentales *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*, welches 1846-1855 in drei Bänden erschienen ist¹³. Beide Werke zählen, auch in ihrem enzyklopädischem Charakter, zu den Klassikern der geowissenschaftlichen Literatur des 19. Jahrhunderts: das eine als eine detaillierte Darlegung aller bekannten Fakten über die erdinnere Wärme, das andere als eine umfassende Zusammenstellung aller bis dahin erreichten chemischen Kenntnisse über die Erde bzw. der auf chemischer und physikalischer Grundlage möglichen Aussagen über geologische Prozesse.

Trotz dieser Bedeutung **Bischofs** - oder sagen wir besser: dem Bekanntheitsgrad dieser beiden Werke - hat er allerdings bei den Wissenschaftshistorikern bisher auffallend wenig Interesse gefunden¹⁴. Insbesondere sind die von **Bischof** erhaltenen Autographen - darunter vor allem eine Reihe von zum Teil sehr

12. Das Werk geht zurück auf eine Preisaufgabe der Holländischen Societät der Wissenschaften aus dem Jahr 1832. Bischof hat darauf eine Schrift eingereicht, die auch den Preis erhielt. Die zuerst geplante Veröffentlichung in niederländischer Sprache kam nicht zustande, so daß die Schrift dann erst 1837 in der ausführlichen deutschen Fassung publiziert wurde. Vgl. Bischof (1837), S. V-VII.

13. Eine englische Übersetzung des "Lehrbuchs ..." durch B. H. Paul und J. Drummond erschien 1854-59 in 3 Bänden in London unter dem Titel "Elements of Chemical and Physical Geology". Die sogenannte zweite Auflage des Werkes (1863-1871) ist eher eine Fortsetzung der ersten Auflage denn eine wirkliche 2. Auflage, d. h. das Werk ist hier vielfach umgearbeitet und ergänzt, manche Teile der ersten Auflage sind weggelassen (auf die in der zweiten nur verwiesen wird) usw.

14. Neben dem älteren Artikel von C. W. Gümbel über Bischof in der Allgemeinen deutschen Biographie (II, 1875) sind nur noch zu nennen der Artikel über Bischof im "Dictionary of Scientific Biography" von C. G. Amstutz (Bd. II, S. 159-60) sowie die kurze Arbeit von Berg (1942) (wobei die beiden letzteren Arbeiten nur unwesentlich über den Artikel von Gümbel hinausgehen).

ausführlicher Briefen an verschiedene bekannte Naturforscher seiner Zeit - bisher wissenschaftshistorisch noch überhaupt nicht ausgewertet worden. Die Briefe behandeln verschiedenste Gebiete der Forschungen **Bischofs** (chemische Geologie, Meereskunde, Meteorologie usw.) und geben einen detaillierten Einblick in seine Denkweise, insbesondere auch in die Grundlagen seiner Konzeption einer Chemischen Geologie sowie nicht zuletzt in die konkreten historischen Bedingungen ihrer Entstehung.

Probleme der chemischen Geologie behandelte **Bischof** u. a. in Briefen an **Eilhard Mitscherlich** (1794-1863)¹⁵ und an **Friedrich Mohr** (1806-1879)¹⁶, vor allem aber in einem ausführlichen Schreiben an **Alexander von Humboldt** (1769-1859) vom 29.4.1850¹⁷. Dort faßte **Bischof** eine Reihe seiner grundlegenden Überzeugungen zusammen, und es kann so gewissermaßen als 'Glaubensbekenntnis eines klassischen chemischen Geologen' gelten. f.

Das Bild, das heute von **Bischof** und seinem Werk gezeichnet wird, ist eher widersprüchlich und ebenso ambivalent, wie **Bischofs** Ansichten schon von seinen Zeitgenossen aufgenommen wurden. Einerseits wird **Bischof** als "Begründer einer neuen chemischen Richtung in der Geologie" gerühmt¹⁸, der insbesondere auch in zahlreichen Einzelfragen - etwa zur Entstehung der Erzgänge und der Salzlagerstätten¹⁹, der Einführung des sogenannten "Sauerstoff-Quotienten" zur Beschreibung der Silikatgesteine²⁰ sowie der Aufklärung verschiedener Umbildungsvorgänge bei den natürlich vorkommenden Mineralien²¹ -

15. Bischof an Mitscherlich, 2 Briefe, 15.8.1827 & 3.8.1841 (DM-S: Hs. 420 & 421).

16. Bischof an C. F. Mohr, 14.7.1846 (UBB-Hs: Nachlaß Friedrich Mohr, S 1413).

17. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152; acc. Darmst. 1932.30).

18. Vgl. Gümbel (1875), S. 665.

19. Vgl. B. Fritscher (1994a), S. 297. Vgl. auch Fischer (1961), S. 120f.

20. Der Sauerstoff-Quotient gibt das Verhältnis des Sauerstoffs in Basen zu dem in SiO₂ und wurde für die Gesteinsberechnung wichtig. So hat etwa Bischofs 'alter ego', der Petrograph Justus Ludwig Adolph Roth (1818-1892), diesen Sauerstoff-Quotienten im Rahmen seiner Einteilung der Gesteine in saure, neutrale und basische Gesteine für ca. 1000 Gesteine bestimmt. Vgl. hierzu etwa Fischer (1961), S. 42f.

21. Dies gilt vor allem hinsichtlich den durch Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff bedingten Umbildungen der Mineralien. Vgl. Groth (1926), S. 226. Vgl. auch Manten (1966), S. 8; Levinson-Lessing (1954), S. 40, 42 u. ö.

neue, zukunftssträchtige Ideen entwickelt habe²². Andererseits wird er aber dann meist als Anhänger - oder Erneuerer - einer in den Geowissenschaften eigentlich schon zu seiner Zeit überholten Theorie geschildert, nämlich des sogenannten Neptunismus, der dem Wasser bei der Bildung der Mineralien und der Gesteine die Hauptrolle zuschrieb und der dementsprechend die Bedeutung des Magmas bzw. der vulkanischen Vorgänge weitgehend vernachlässigte. **Bischofs** Neoneptunismus erscheint dabei nicht nur insofern als ein 'Rückschritt', als die überwiegende Mehrzahl der Geologen seiner Zeit längst von der Richtigkeit der vulkanistischen Auffassung überzeugt war, sondern auch deshalb, weil er selbst zunächst in seiner *Wärmelehre* wesentliche Belege für die Annahme eines heißen Erdinneren - und damit für das vulkanistische System - geliefert hatte, dieses aber dann eben in seinem *Lehrbuch* vehement kritisiert hat²³.

Begründet wird die neoneptunistische Position **Bischofs** in der Regel damit, daß er die Laborbefunde überbewertet habe und so letztlich zu falschen geologischen Schlüssen kommen mußte. Er habe sich, so etwa **C. W. Gumbel** 1875,

"zu tief und einseitig in die Idee hineinversenkt, daß das, was durch Experimente im Laboratorium als richtig und möglich sich nachweisen lasse, auch gerade so in der Natur wirklich vor sich gegangen sein müsse, ohne zu bedenken, daß diese Mittel und Wege genug besitze, vieles auf verschiedenem Wege zu Stande zu bringen"²⁴.

Und in gleichem Sinne meinte **G. Berg** noch 1942, daß **Bischof** "fast eigensinnig an dem Trugschluß festhielt, daß alles so in

22. Daneben wäre natürlich auch Bischofs Lehrtätigkeit zu erwähnen. So gehörten zu seinen Schülern u.a. der Bonner Petrograph Ferdinand Zirkel (1838-1912) und der norwegische Mineraloge und Petrograph Theodor Kjerulf (gest. 1889), der seinerseits der Lehrer W. C. Bröggers und damit der eigentliche Begründer der norwegischen Mineralogenschule war.

23. Bischof selbst hat seine 'Rückwendung' zum Neptunismus später so beschrieben: "Meine geologischen Studien fallen in eine Zeit, wo der Plutonismus seinen höchsten Triumph gefeiert zu haben schien. Die Autorität von Männern, welche viel gesehen und beobachtet hatten, übte auf mich, wie auf viele andere ihren Einfluß aus. Als ich aber Gelegenheit erhielt, durch eigene Beobachtungen mich zu belehren, als ich insbesondere das Veränderliche in den Gebirgsgesteinen, welches den Chemiker mehr als andere Verhältnisse berührt, zum Gegenstande meiner Studien machte, kam ich immer mehr zu der Ueberzeugung, daß plutonischen und plutonisch-metamorphischen Processen ein Feld von unhaltbarer Ausdehnung eingeräumt worden war". Bischof, *Lehrbuch* II/1 (1851), S. 334. Zu den Schwierigkeiten, die Bischof - als Chemiker - mit dem vulkanistischen System hatte, vgl. etwa auch Bachelard (1959), hier vor allem S. 97-129.

24. Gumbel (1875), S. 667f.

der Natur vor sich gegangen ist, wie wir es im Becherglase des Laboratoriums sehen," so daß es für ihn bald nichts mehr gegeben habe, "was nicht aus Sickerwasser oder aus der alle Gesteine durchdringenden Bergfeuchtigkeit entstanden ist"²⁵.

Zunächst scheint dieser ambivalente Charakter des Werkes von **C. G. Bischof** auch relativ leicht einsichtig zu sein, hatte doch **Bischof** die grundlegende Bedeutung der Chemie für die Geowissenschaften zu einer Zeit postuliert, als jene von ihrem Entwicklungsstand her - zumindest aus heutiger Sicht - der Geologie nur bescheidene Hilfe bieten konnte. Auf den zweiten Blick erweist sich eine solche Erklärung allerdings rasch als unbefriedigend. Dies wird allein schon daran deutlich, daß die beiden oben genannten Urteile aus sehr unterschiedlichen Entwicklungsphasen der Geowissenschaften stammen. Wenn **Bischofs** "Neoneptunismus" mit Hinweis auf den mangelnden Entwicklungsstand der (physikalischen) Chemie begründet wird, so könnte dies bestenfalls für den 1942 verfaßten Artikel von **Berg** gelten, nicht aber für das - nahezu gleich lautende Urteil - **Gümbels**, dessen Artikel 1875 und damit ebenfalls noch vor den eigentlich grundlegenden Arbeiten der modernen physikalischen Chemie (**J. W. Gibbs**, **J. H. van't Hoff** u. a.) verfaßt wurde.

Letzteres gilt dann natürlich erst recht für eine noch frühere, ausführliche Kritik des *Lehrbuchs* durch **B. von Cotta**. Er gestand **Bischof** durchaus zu, daß die von ihm begründete neue "chemisch-geologische Schule" nicht unbeachtet gelassen werden dürfe, daß die strenge Kritik, welche er "gegen bestehende Ansichten vom chemischen und physikalischen Standpunkte anwendete, die zahlreichen Experimente und genauen Untersuchungen, welche er selbst zu diesem Zweck ausführte", vieles notwendig habe "berichtigen und über Anderes aufklären" müssen²⁶. Was **Cotta** aber sehr viel weniger gefiel, ist, daß **Bischof** offensichtlich geglaubt habe, "mit einem Schlage die gesamte alte Geologie beseitigen, und eine ganz neue dafür einsetzen zu können", ein Gedanke, der **Cotta** "auf einer Unterschätzung des Vorhandenen und auf einer Überschätzung der durch mühsame Arbeit gewonnenen neuen Resultate, ganz besonders aber der darauf begründeten neuen Hypothesen zu beruhen" schien. Diese seien doch zum Teil mindestens ebenso einseitig und gewagt

25. Vgl. **Berg** (1942), S. 59.

26. Vgl. **Cotta** (1866a), S. 537.

als diejenigen, "welche bis dahin einen Theil der Geologen ungebührlich beherrscht hatten"²⁷.

Auffällig an diesen Bewertungen der Arbeiten **Bischofs** ist zunächst, daß sie in zeitgenössischer und in moderner Sicht weitgehend identisch sind. Und dies bedeutet, daß die ambivalente Haltung zum Werk **Bischofs** bzw. dessen letztlich in sich selbst ambivalenter Charakter nicht verstanden werden kann, wenn man ihn eben allein daraus erklärt, daß **Bischof** die moderne physikalische Chemie noch nicht zur Verfügung stand.

Vielmehr scheinen die Widersprüche im Werk **Bischofs** bzw. in dessen Bewertung aus einem anderen Faktum zu resultieren. **Bischof** hatte die Physik und die Chemie ausdrücklich zur eigentlichen Grundlage der Geologie erklärt, und dies hört sich natürlich zunächst einmal - sowohl aus heutiger wie aus zeitgenössischer Sicht - ganz 'modern' an. Betrachtet man sich dann allerdings die konkreten Ergebnisse und Hypothesen **Bischofs**, so erscheint seine chemische Geologie doch sehr bald viel weniger fortschrittlich. Dieser Widerspruch resultiert wesentlich daraus, daß **Bischofs** Werk bis heute kaum aus seinem zeitgenössischen Kontext heraus zu verstehen versucht wurde. **Bischofs** Forderung, die Chemie und die Physik zur Grundlage der Geologie zu machen wird gewissermaßen a priori im Sinne der modernen Forderung nach einer auf den Prinzipien der physikalischen Chemie basierenden Petrologie interpretiert, wobei dann nicht weiter etwa gefragt wird, was er eigentlich selbst unter Chemie und Physik verstand. g.

In diesem Sinne wird hier also zum einen argumentiert, daß **Bischofs** Verständnis von Chemie und Physik bzw. ihres Verhältnisses zur Geowissenschaft in materialer Hinsicht eher in der Tradition von **J. G. Wallerius'** *Physisch-chemischen Betrachtungen über den Ursprung der Welt* steht, als am Beginn der

27. Vgl. Cotta (1866a), S. 537. Zu Cottas Verhältnis zum Werk **Bischofs** vgl. auch Cotta (1866b), S. 61f. & 347-72. **Bischof** hatte allerdings durchaus zugestanden, daß auch die Chemie von der Geognosie lernen könne. Ohne die Untersuchungen der Geognosten und Mineralogen könnte die "Chemie" keine "Geogenie" schaffen, ebensowenig wie ohne die Untersuchungen der "Physiologen und Landwirthe" eine "Physiologie und Agriculturchemie" hätte geschaffen werden können. Seine Kritik galt also vor allem denjenigen Geognosten, welche überhaupt glaubten, ohne alle Chemie auskommen zu können. Vgl. Bischof: Lehrbuch II/1 (1851), S. 827f.

Geochemie der Moderne²⁸. Und zum anderen wird zu zeigen sein, daß die ideengeschichtlichen Wurzeln der **Bischofschen** chemischen Geologie zum großen Teil in der romantisch-idealistischen Naturphilosophie liegen²⁹.

Bischof selbst hat, so weit wir wissen, keine Werke explizit naturphilosophischen Inhalts veröffentlicht, aber die entsprechenden Wurzeln werden schon bei einem Blick auf seinen Werdegang deutlich. **Bischof** hatte in Erlangen studiert und dort zunächst von 1815 bis 1819 als Privatdozent für Chemie und Physik gelehrt. Erlangen, seit 1788 auch Sitz der *Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Gesellschaft der Naturforscher*, war - zumindest was die Naturgeschichte und die Medizin betraf - zu dieser Zeit eine 'Hochburg' der romantisch-idealistischen Naturphilosophie. Hier wirkten, als maßgebliche Vertreter der Naturphilosophie, der Botaniker **Christian Gottfried Nees von Esenbeck** (1776-1858)³⁰, der Theologe und Mediziner **Gotthilf Heinrich von Schubert** (1780-1860) und nicht zuletzt im benachbarten Nürnberg (von 1807 bis 1816) **Georg Wilhelm Friedrich Hegel** (1770-1831). Die meisten der hier tätigen Gelehrten standen

28. Womit dann eigentlich seine zeitgenössischen Kritiker, die seine Ergebnisse zum Teil als Resultat eigentlich 'überholter Auffassungen' erklärten, wenn auch nur mittelbar, eher Recht hätten als einige der modernen Interpreten Bischofs, die ihn zum Vorläufer der heutigen Geochemie machen wollen.

29. Wenn hier vor allem die geistesgeschichtlichen Wurzeln der chemischen Geologie Bischofs thematisiert werden, so heißt dies nicht, daß etwa hinsichtlich der ambivalenten Aufnahme, welche sein Werk bei seinen Zeitgenossen gefunden hat, nicht auch andere Faktoren zu berücksichtigen sind. Einer davon wäre der Professionalisierungsprozeß der Geologie im 19. Jahrhundert. Ein Charakteristikum dieses Prozesses war die Ablösung der 'Geologie als Profession' von den chemisch-mineralogischen Disziplinen der Geowissenschaft, und dies mag eine Mitursache für die Ablehnung gewesen sein, welche Bischofs Ansichten bei den Geologen erfahren haben. Vgl. P. Schimkat: C. W. Gumbel on C. G. Bischof. Or: Two different ways of losing out. In: Proceedings of the Symposium on the History of Mineralogy, Petrology and Geochemistry. München 8.-9.3.1996. Hrsg. von B. Fritscher & F. Henderson. München (1997) (im Druck).

30. Nees von Esenbeck war 1816 Professor für Naturgeschichte und Direktor des botanischen Gartens in Erlangen geworden. Zusammen mit Bischof sowie Heinrich August Rothe hat er hier ein Werk über die Entwicklung der Pflanzensubstanz verfaßt. Vgl. C. H. Nees von Esenbeck; C. G. Bischof; H. A. Rothe: Die Entwicklung der Pflanzensubstanz, physiologisch, chemisch und mathematisch dargestellt mit combinatorischen Tafeln der möglichen Pflanzenstoffe und den Gesetzen ihrer stöchiometrischen Zusammensetzung. Erlangen 1819. Und 1819 - im gleichen Jahr wie Bischof - ging Nees von Esenbeck als Professor für Botanik an die Universität Bonn, wo er bis 1831 wirkte.

mehr oder weniger unter dem Einfluß der Naturphilosophie, so etwa auch der Zoologe, Paläontologe und Mineraloge **Georg August Goldfuß** (1782-1848), der seit 1804 in Erlangen lehrte³¹.

Noch mehr gilt dies dann für **Bischofs** eigentliche Wirkungsstätte, die preußischen Universität in Bonn, an der er seit 1819 tätig war. Zusammen mit ihm waren aus Erlangen **Nees von Esenbeck** und **Goldfuß** nach Bonn gegangen. Als Chemiker lehrte hier von 1818 bis 1821 **Carl Wilhelm Gottlob Kastner** (1783-1857), der Lehrer **Justus von Liebig**s und ebenfalls ein bekannter Vertreter der romantisch-idealistischen Naturforschung, der 1821 (und mit ihm sein Schüler **Liebig**) an die Universität Erlangen ging³². Die Bonner Universität, damals erst wenige Jahre alt und noch in ihrer Gründungsphase, war wesentlich das 'Werk' des damaligen preußischen Kultusministers (von 1817-1838) **Karl Freiherr von Stein zum Altenstein** (1770-1840). Gerade die Gruppe der aus Erlangen berufenen neuen Bonner Professoren, insbesondere **Nees von Esenbeck** und auch **Goldfuß**, hatte gute persönliche Beziehungen zu dem aus Ansbach stammenden **Altenstein**³³. Dessen 'Handschrift' machte sich in der neuen Universität nun vor allem auch insofern geltend, als er (nicht unwesentlich beeinflusst durch **Nees von Esenbeck**) in seiner Berufungspolitik Naturforscher romantisch-idealistischer Prägung bevorzugte³⁴. Die Universität Bonn war so in den ersten Jahrzehnten ihres Bestehens gewissermaßen eine 'preußische Musteruniversität', was sich vor allem auch darauf bezieht, daß sich die medizinische und die naturwissenschaftliche Fakultät fest in den Händen der Naturphilosophie befanden, welche ja bekanntlich - vor allem dann mit **Hegels** Wirken in Berlin ab 1818 - zur 'preußischen Staatsphilosophie' geworden war. Und dieser Kontext hat letztlich auch **Bischofs** chemische Geologie

9.

31. Bischof und Goldfuß haben zusammen eine "Physikalisch-statistische Beschreibung des Fichtelgebirges" (2 Bde., Berlin 1817) verfaßt, und Goldfuß war 1818, ein Jahr vor Bischof und Nees von Esenbeck, an die in diesem Jahr neu gegründete Universität Bonn gegangen. Vgl. hierzu auch Langer (1985), S. 93.

32. Vgl. hierzu jetzt vor allem Renger (1982), S. 193-205.

33. So ist etwa auch das in Anm. 30 genannte Werk Nees von Esenbecks, Bischofs und Rothes über "Die Entwicklung der Pflanzensubstanz, ..." Altenstein gewidmet.

34. Vgl. Renger (1982), S. 193 & 202f. Vgl. hierzu etwa auch Schmoller (1897), in: Straßburger Universitätsreden, S. 39; Schütt (1984), S. 272 Anm. 661.

beeinflusst³⁵.

Grundlage der Darstellung der **Bischofschen** chemischen Geologie sind nun vor allem die Briefe **Bischofs** an **F. Mohr**, **E. Mitscherlich** und **A. von Humboldt**³⁶. Der hier vor allem zu besprechende Brief **Bischofs** an **A. von Humboldt** vom 29.4.1850 ist einer von insgesamt vier Briefen an den Berliner Naturforscher. Der früheste davon, ein Brief vom 7.11.1837, ist ein kurzes Dankschreiben **Bischofs** an **Humboldt**, in dem er sich für **Humboldts** wohlwollende Aufnahme der in diesem Jahr erschienenen - und **Humboldt**, dem "grossen Geologen" und "umsichtigen Begründer und unermüdeten Beförderer unserer Kenntnisse von den Temperatur-

35. Dabei scheint Bischof, soweit es aus den Quellen erschlossen werden kann, dem preußischen Staat eher reserviert gegenübergestanden zu haben. Er hat nicht so bewußt auf eine Stellung im Dienst Preußens hingearbeitet wie etwa Hegel, Nees von Esenbeck oder Goldfuß. Vgl. hierzu Renger (1982), S. 194f. & 203. Bischof gehörte zu den Befürwortern der deutschen Einheit unter Einschluß Österreichs, wobei er das so geeinte Reich auch eher von Österreich als von Preußen geführt sehen wollte. Den ersten Band seines "Lehrbuchs" (1847) hat er dem österreichischen Erzherzog Johann (1782-1859) gewidmet, von dem er (wie viele andere) hoffte, er würde die Kaiserwürde des geeinten deutschen Volkes übernehmen. Erzherzog Johann war von Juni 1848 bis Dezember 1849 Deutscher Reichsverweser, und er war bekanntlich nicht unwesentlich für den Ausbau des österreichischen Montanwesens verantwortlich. Vgl. etwa Moser (1988); vgl. auch u. Anm. 43.

36. Neben den im Folgenden genannten Briefen sind weitere Autographen von C. G. Bischof nachgewiesen in der Bibliothek des Heinrich-Heine-Instituts Düsseldorf, der Universitätsbibliothek Freiburg, der Bayerischen Staatsbibliothek in München und der Bibliothek des Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg. Dies sind zwei Briefe an Johann Friedrich Benzenberg (1777-1846) vom 6.6.1832 und 8.4.1836, betreffend Benzenbergs barometrische Höhenmessungen (vgl. J. F. Benzenberg: Das Höhenmessen mit der Quecksilberwaage. Düsseldorf 1831), sowie ein Brief an den hauptsächlich als Paläontologen (bzw. durch seine Zusammenarbeit mit Hermann von Meyer) bekannten Stuttgarter Naturforscher Wilhelm Heinrich Theodor Plieninger (1795-1879) vom 24.8.1834 (UBF-GA: Autograph 8). In dem Schreiben an Plieninger bittet Bischof (der zu dieser Zeit mit seiner "Wärmelehre" bzw. mit Temperaturmessungen an warmen Quellen beschäftigt war) um einige Auskünfte zu dessen Temperaturmessungen an Quellen der schwäbischen Alb. Die Beobachtungen Plieningers sind dann wiedergegeben in Bischof (1837), S. 68f. Das Schreiben Bischofs an Liebig schließlich vom 25.12.1827 (BSB-HS: Liebigiana II C/G. K. Bischof) ist ein Dankschreiben für eine durch Liebig ermöglichte "ausserordentliche Gratification" zwecks Anschaffung von Geräten für das von Bischof geleitete Chemische Laboratorium der Universität Bonn sowie die ihm "verheißene baldmögliche Berücksichtigung meiner Bitte um Gehaltszulage".

Verhältnissen der Erde" gewidmeten³⁷ - Wärmelehre bedankt³⁸. Der folgende Brief vom 1.11.1848 enthält vor allem eine Reihe von (offensichtlich von **Humboldt** erbetenen) Auskünften (im wesentlichen Literaturangaben)³⁹, speziell zum Problem des "Flußsäure"-Gehaltes⁴⁰ fossiler Knochen sowie zu dem des "Kieselsäure"-(SiO₂)Gehaltes bzw. der Bildung von "Kiesel-Infusorien" (Diatomeen bzw. Kieselalgen) im Meerwasser. Das zweite Problem wird dann auch ausführlich diskutiert im dritten Brief an **Humboldt**⁴¹. Beide Fragen sind für uns von Interesse bezüglich **Bischofs** Vorstellungen vom Kreislauf der Stoffe und damit indirekt auch hinsichtlich der romantisch-idealistischen Wurzeln seiner chemischen Geologie.

Der zuletzt genannte Brief sowie das Schreiben vom 29.4.1850 sind die beiden umfangreichsten der Korrespondenz. Zu deren Verständnis muß angemerkt werden, daß sie (trotz ihres ausführlichen wissenschaftlichen Gehalts) eigentlich Eingaben bzw. Bittbriefe **Bischofs** an die preußische Regierung in Berlin waren. Dabei geht es zum einen um seine unverheiratete Schwägerin, die Tochter eines westphälischen Beamten, welche nun (nach dem Tod der Schwiegermutter, die vom König einen "jährlichen Gnadengehalt" erhalten hatte) mittellos dastand. **Bischof** bat deshalb **Humboldt**, sich dafür zu verwenden, daß seiner Schwägerin diese Pension erhalten bliebe⁴². Zum anderen ging es um **Bischofs** (von **Humboldt** auch "beifällig" aufgenommenen) Wunsch, "im Monat März [1849] populäre Vorlesungen über geologische Gegenstände" in Berlin zu halten. Ebenso wie "vor 6 Jahren hier in Bonn", gedenke er "diese Vorlesungen durch transparente Bilder & einige Experimente zu erläutern". Dazu bemühte **Bischof** sich um eine finanzielle Unterstützung dieses Vorhabens beim preußischen

37. Vgl. Bischof (1837), S. iii.

38. Bischof an Humboldt, 7.11.1837 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt La* 1839; acc. Darmst. 1919.368).

39. Bischof an Humboldt, 1.11.1848 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt, Ka. 11, Nr. 76, La* 1839; acc. Darmst. 1932.30).

40. Gemeint ist der Gehalt an Calciumfluorid (Flußspat, CaF₂) - bei Bischof "Fluorcalcium" - bzw. dessen wässrige Lösungen, also nicht eigentlich die Flußsäure im heutigen Verständnis (HF_l).

41. Bischof an Humboldt, 2.12.1848 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt, Ka. 11, Nr. 153, La* 1839; acc. Darmst. 1932.30).

42. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 ((SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152)).

Unterrichtsministerium und bat **Humboldt** hierbei um Hilfe⁴³.

Im weiteren Sinne gilt dies dann auch für die beiden Schreiben **Bischofs** an **E. Mitscherlich** aus den Jahren 1827 und 1841. Gegenstand des ersten Schreibens ist ein geplanter Besuch **Bischofs** in Berlin; er hatte erfahren, daß **J. J. Berzelius** nach Berlin kommen werde und wollte die Gelegenheit nutzen, diesen persönlich kennen zu lernen. Er bat also **Mitscherlich**, ihm den genauen Termin von **Berzelius'** Ankunft zu nennen und ihm eventuell auch für diese Zeit ein Quartier in Berlin zu besorgen⁴⁴. Das zweite Schreiben enthält zunächst einen kurzen Bericht **Bischofs** über seine Versuche zur "Contraction ..., welche die kryst.[allinischen] Gebirgsarten bei ihrem einstigen Uebergange aus dem flüssigen in den kryst.[allinischen] Zustand erlitten haben". Im wesentlichen geht es dann aber um ein "Pamphlet" des "anmaßenden & dünkelfhaften Liebig"⁴⁵. Hier war **Bischof** - ebenso wie **Mitscherlich** - durch das preußische Kultusministerium um ein Votum gebeten worden. Dabei habe er **Liebig** zwar insofern recht geben müssen, als es "allerdings traurig für den Prof.[essor] der Chemie" sei, wenn ihm kein Assistent zur Verfügung stehe, der ihn bei der Vorbereitung der Vorlesungen und anderen Aufgabe unterstütze. Die "übrigen boshaften Vorwürfe" **Liebigs** habe er allerdings zurückgewiesen. **Mitscherlich** bat er, ihm mitzuteilen, "nach welchen verschiedenen Richtungen die Gutachten der anderen inländischen Universitäten ausgefallen sind, & wie die Sache vom Minister betrachtet wird"⁴⁶.

43. Bischof an Humboldt, 2.12.1848 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt, Ka. 11, Nr. 153). Auf das Verhältnis Bischofs zum preußischen Kultusministerium kann hier nicht weiter eingegangen werden. So beklagte er sich in diesem Zusammenhang u. a. auch, daß das "Ministerium Eichhorn" - gemeint ist Johann Albrecht Friedrich Eichhorn (1779-1856), der von 1840-1848 preußischer Kultusminister war und vor allem den Ultramontanismus sowie die pietistisch-orthodoxe Richtung im Protestantismus gefördert hat - "wissenschaftliches Streben nur nach Richtungen hin (begünstigte), die nicht die meinigen waren & seyn konnten". Eichhorn hatte die von seinem Vorgänger Altenstein betriebene Förderung der romantisch-idealistisch geprägten Naturforschung nicht fortgesetzt. Vgl. hierzu auch Braubach (1967), S. 76. Und dies mag einer der Gründe dafür gewesen sein, daß Bischof den ersten Band seines "Lehrbuchs", wie oben gesagt (vgl. o. Anm. 35), dem österreichischen Erzherzog Johann gewidmet hat.

44. Bischof an Mitscherlich, 15.8.1827 (DM-S: Hs. 420).

45. Gemeint ist hier Liebig (1840a). In der Schrift hat Liebig bekanntlich u. a. die mangelhafte staatliche (finanzielle) Unterstützung der Hochschulen und eben insbesondere der Naturwissenschaften in Preußen kritisiert.

46. Bischof an Mitscherlich, 3.8.1841 (DM-S: Hs. 421).

Wieder ausschließlich naturwissenschaftlichen Inhalts sind die beiden Briefe an **Friedrich Mohr** und dessen Vater **Carl** (gest. 1840). In letzterem bat **Bischof** (im Hinblick auf seine Feststellung eines möglichen Zusammenhanges "zwischen dem chemischen Gehalte der Mineralquellen & der Erhebung ihres Ursprungs" über dem Rheinspiegel bei Bonn) um einige Höhenmessungen bei Koblenz, die ihm zur Kontrolle seiner Ergebnisse dienen sollen⁴⁷. Und der Brief an den Sohn **F. Mohr** ist eine Anfrage bezüglich dessen Ergebnissen bei der Analyse des Bertricher Mineralwassers⁴⁸. **F. Mohr** ist im Hinblick auf unsere eigentliche Fragestellung insofern von Interesse, als seine *Geschichte der Erde* (1866) - eine vehemente Kritik des vulkanistischen Systems, welche ihm den Ruf des "letzten Neptunisten" eintrug⁴⁹ - zunächst gewissermaßen als das 'alter ego' **Bischofs** erscheinen läßt. Dabei erscheint er dann allerdings als der deutlich 'modernere Geochemiker': **Mohr** hat 1837 die Einheit der Kräfte postuliert, und er hat 1868 eine *Mechanische Theorie der chemischen Affinität* entworfen. Damit steht er auf den ersten Blick der modernen physikalischen Chemie sehr viel näher als der klassischen "physischen Chemie" **Bischofs**, welche eben gerade eine solche mechanische Auffassung der chemischen Affinität nicht gelten lassen wollte. Daß **Mohr** trotzdem 'klassischer Neptunist' geblieben ist bzw. in den Grundzügen seiner (chemischen) *Geschichte der Erde* letztlich mit **Bischof** übereinstimmte, wäre ein weiteres Indiz dafür, daß die Herausbildung einer Moderne in den Geowissenschaften eben nicht einfach als die Aufnahme der neuen "mechanischen Chemie" verstanden werden kann. g.

Die wesentliche Grundlagen und Überzeugungen der klassischen chemischen Geologie finden sich bei **Bischof**, wie gesagt, in einem Brief an **A. von Humboldt**, der gewissermaßen als 'Glaubensbekenntnis eines klassischen chemischen Geologen' g.

47. Bischof an C. Mohr, 3.10.1832 (UBB-Hs: S 1413, Nachlaß Friedrich Mohr).

48. Bischof an F. Mohr, 14.7.1846 (UBB-Hs: S 1413, Nachlaß Friedrich Mohr). Es handelt sich um die Mineralquelle bei Bad Bertrich in der Eifel. Mohrs Ergebnisse sind wiedergegeben (unter der Überschrift "Beziehung zwischen Lage und Bestandtheilen der Mineralquellen") in Bischof, Lehrbuch I (1847), S. 391.

49. Vgl. B. Fritscher (1991a), S. 249-251. Vgl. auch Fischer (1961), S. 34.

gelesen werden kann. Das Schreiben war eine Eingabe **Bischofs** an die preußische Regierung. Allerdings wollte er es sich dabei nicht versagen, auch einige "wissenschaftliche Gegenstände zur Sprache zu bringen", wenngleich er dabei, "was das Genetische derselben betrifft", nicht immer auf **Humboldts** Zustimmung rechnen könne⁵⁰ (womit gemeint ist, daß **Humboldt** eben der 'vulkanistischen Partei' angehörte).

Als erstes diskutierte **Bischof** sein Konzept einer - wie man es im Gegensatz zur heutigen Bedeutung des Wortes bezeichnen könnte - 'hydrochemischen' Metamorphose der Mineralien und Gesteine, d. h. deren Veränderungen durch die "erdigen Bestandtheile der Gewässer, welche die Gebirgsgesteine durchdringen". Diese war ihm - neben der ursprünglichen Bildung der Mineralien und Gesteine - der eigentlich zentrale Prozeß im Mineralreich. Die "erdigen Bestandteile" würden zweifellos aus dem "Gebirgsgestein extrahirt", und die Möglichkeit sei so unmittelbar einsichtig, daß die Gewässer das in oberen Schichten Aufgenommene in tieferen durch Austausch mit anderen Bestandtheilen des Gesteins wieder absetzten:

"Wer dieß läugnen will, muß die pseudomorphischen Bildungen in Frage stellen; denn eine Umwandlung eines Minerals in ein anderes setzt einen solchen Austausch & eine Verdrängung eines Minerals durch ein anderes setzt Absatz & Fortführung voraus. Oder ist es ein Deus ex machina, der solche Qualitäts- & Ortsveränderungen hervorbringt? - Nur derjenige, welcher das starre Wesen im unorganischen Reich ewig permanent machen möchte, kann dem Wasser in diesem eine ganz andere Rolle zutheilen, als in der organischen Natur. Wer aber die Frage aufwirft, ob denn das Werden & Vergehen in dieser so ganz ausgeschlossen ist von der unorganischen Natur, & diese Frage mit Nein beantworten muß, wenn er vor seinen Augen Felsen verwittern & Kalksinterlager entstehen sieht, wird geneigt, weitere Aehnlichkeiten zwischen den Wirkungen in dem organischen & unorganischen Reich aufzusuchen. Die Vorgänge im Mineralreiche würden, nach meiner Meinung, schon längst zu einer klareren Auffassung gekommen seyn, wenn man sie mit ähnlichen im organischen Reiche verglichen hätte"⁵¹.

50. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152)

51. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152). Vgl. auch Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 891. Das klassische Erbe zeigt sich bei Bischof auch vielfach in seiner Begrifflichkeit, so wie etwa hier, wenn er mit Bezug auf die chemische Umwandlung von Mineralien - ganz im Sinne der aristotelischen Naturforschung - von "Qualitäts- und Ortsveränderungen" spricht. Allerdings sollten solche begrifflichen Hinweise nicht überbewertet werden, d. h. sie sagen für sich allein genommen wenig aus. Auch die Moderne tritt nämlich begrifflich nicht selten in 'klassischem Gewand' auf. Vgl. in dieser Hinsicht etwa Van Hise Aufsatz über "The problems of geology" (1904b) (s. Zwischentext: Stoffwechsel der Erde).

Diese Ähnlichkeiten bzw. auch die konkreten Zusammenhänge zwischen organischem und anorganischem Reich ⁱⁿ Bezug auf die Metamorphose wurden dann von **Bischof** ausführlich erläutert, wobei er vor allem deutlich machen wollte, daß bei diesem Stoffaustausch zum einen sehr große Mengen an Stoffen umgesetzt werden und zum anderen, daß hierbei die Gewässer bzw. die Lösungen, welche diese Stoffe enthalten, in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert werden⁵². Er verwies darauf, daß etwa in Heu und Stroh, nach der Einäscherung, mehr als 2 % Kieselsäure gefunden würden, welche offensichtlich aus dem Boden durch die Gewässer zugeführt würden. Berücksichtige man nun, daß selbst die an Kieselsäure reichsten Quellwässer hiervon nur etwa maximal 0,01 % (in der Regel sogar sehr viel weniger) aufgelöst enthielten⁵³, so werde es verständlich, daß Heu und Stroh während der kurzen Zeit ihres Wachstums sehr große ¹⁷ Quantitäten Wasser ^{17B} aufnehmen müßten. Aus der absoluten Menge der enthaltenen Kieselsäure schloß **Bischof** weiter, daß in 50 Jahren etwa ein Pfund davon pro Quadratmeter Wiesen- oder Ackerboden aus dem Boden aufgenommen und in den Pflanzen abgesetzt werde. Würde diese Menge nicht den Pflanzen zugeführt, "sondern den tieferen Schichten des Gesteins", so sei es unmittelbar einsichtig, daß sie auch dort "merkliche Veränderungen in der Mischung hervorbringen" müßte. Und vor allem sei hier ja lediglich von 50 Jahren die Rede:

"Was sind aber 50 Jahre für geologische Perioden, in denen man nach Millionen Jahren rechnet?"⁵⁴

Weiter legte **Bischof** dar, daß wir in der Asche der Pflanzen die mineralischen Bestandteile in anderen Verhältnissen fänden, als in den in der Ackererde zirkulierenden Gewässern, d. h. die Pflanzen nähmen das auf, was sie brauchten, und schieden das, was sie nicht brauchten, wieder ab. Die Wurzeln nähmen also gewissermaßen eine andere Flüssigkeit auf, als sie abgeben: "Die chemischen Prozesse, welche in den Pflanzen von statten gehen, verändern mithin die Flüssigkeiten, die sich außerhalb derselben ^{g-}

52. Die folgenden Überlegungen hat Bischof dann auch später (zum Teil wörtlich identisch mit den Formulierungen im Brief an Humboldt) in sein Lehrbuch aufgenommen. Vgl. Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 891-897.

53. Vgl. auch Bischof, Lehrbuch I (1847), S. 761.

54. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152).

bewegen"⁵⁵. Und ganz ähnlich verhalte es sich nun in den Gebirgsgesteinen:

"Durch sie, wie durch den Boden, worauf Pflanzen wachsen, dringen Gewässer. Hier wie dort lösen sie mineralische Stoffe auf. Hier wie dort sind es chemische Prozesse, welche Ausscheidungen derselben aus den sich bewegendenden Gewässern bewirken & das Ausgeschiedene theils als solches absetzen, theils mit Vorhandenem verbinden. Es stellt sich, wenn wir von der Production organischer Substanzen in den Pflanzen abstrahieren, nur der Unterschied heraus, daß alles, was sich in diesen Pflanzen an mineralischen Bestandtheilen absetzt, von aussen kommt, während in den Gesteinen die Bestandtheile, bloß ihren Ort wechselnd, sich entweder hier oder dort zu größeren Individuen gruppieren, oder durch Mischungen & Zersetzungen selbstständige Verbindungen hervorbringen. ... So und nicht anders ist der Begriff einer Metamorphose zu fassen; denn die Hypothese einer plutonischen Metamorphose, welche unsere chemisch ungebildeten englischen Geologen bis zum Unsinn verfolgen, wird in der Geschichte der verschiedenen Phasen, die die Theorien in der Geologie durchlaufen haben, nur noch als ein Document der Verirrungen des menschlichen Geistes seinen Platz finden"⁵⁶.

Bischof wollte also nicht nur seinem Konzept einer 'hydrochemischen Metamorphose' - gegenüber der 'plutonistischen' - mehr Aufmerksamkeit zuteil werden lassen, er wollte vielmehr letztere überhaupt nicht gelten lassen. Ebenso wie im Pflanzenreich sei "nicht das Feuer, sondern das Wasser mit mäßiger Wärme das Hauptagens des Wachsens & Metamorphosirens"⁵⁷. Es war so auch weniger **Bischofs** eigener Begriff der Metamorphose, der ihm die Kritik seiner Zeitgenossen einbrachte, so etwa von **B. von Cotta**, sondern vor allem die vollkommene Ablehnung der "Möglichkeit einer Umwandlung durch plutonische Vorgänge, d. h. durch Einwirkung von Druck und Wärme"⁵⁸. Die meisten Geologen seien davon überzeugt, daß nur wenige Gesteine, sowohl eruptive als auch sedimentäre, sich heute noch in ihrem ursprünglichen Zustand befänden, die Frage sei also eigentlich nur die nach einem "Mehr oder Weniger der Umwandlung". Allerdings sei eine befriedigende Antwort von **Bischof** hierauf wohl kaum zu

55. Ebd.

56. Ebd. Ebenso deutlich formuliert er seine Kritik an den "plutonistisch-metamorphischen Vorstellungen" in seinem "Lehrbuch". Diese scheinen ihm "bis in das Lächerliche ausgeartet", und es gehöre "zu den unbegreiflichen Dingen, wie die Hypothese einer plutonischen Metamorphose ganzer Gebirgsformationen in der Geologie Platz greifen und Bürgerrecht erlangen konnte." Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 334 & 352.

57. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152).

58. Vgl. Cotta (1866a), S. 540.

erwarten, da ihm - so zumindest **B. von Cotta** - schon allein der Unterschied zwischen "vulkanischer und plutonischer Bildung" offensichtlich nicht bewußt sei, und vor allem zeige sich hinsichtlich der konkret behandelten Fallbeispiele bei ihm doch eine eher "mangelhafte Kenntniss oder Beachtung der Lagerungsverhältnisse"⁵⁹.

Bischofs Konzept der Metamorphose bestimmte sich also zunächst im wesentlichen dadurch, daß die Metamorphose in einem sehr umfassenden Sinn verstanden wird, d. h. sie umfaßte alle (chemischen und physikalischen) Veränderungen bzw. Umbildungen im Mineralreich. Insofern als **Bischof** das Wasser bzw. (wässerige) Lösungen als Hauptagens der Metamorphose begriff, umfaßte diese auch die chemische Verwitterung. Letzteres allein war nicht ungewöhnlich. Es entsprach dem alten Begriff von Metamorphose, wie ihn etwa **Wallerius** oder **C. A. Gerhard** (1738-1821) in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts verwendet hatten⁶⁰, und wie er auch noch bei **J. L. A. Roth** (1818-1892) und nicht zuletzt **C. R. Van Hise** am Ende des 19. Jahrhunderts durchscheint⁶¹.

Bestimmend für **Bischofs** Begriff der Metamorphose war, daß sie letztlich alle Vorgänge im Mineralreich umfaßte mit Ausnahme der ursprünglichen Bildung der Mineralien und Gesteine. Für **Bischof** war dieser ursprüngliche Bildungsprozeß abgeschlossen, d. h. eine wirkliche Neubildung von Gesteinen finde heute nicht mehr statt. Die Prozesse, die wir im Mineralreich beobachten könnten, seien ausschließlich solche der Veränderung und Umbildung, wobei diese Umbildung im Einzelfall allerdings so weit gehen könne, daß sie einer Neubildung gleichkomme⁶².

Eine besondere Bedeutung kam deshalb in **Bischofs** Konzept der Metamorphose den Pseudomorphosen zu. Sie waren ihm die eigentlichen Zeugnisse der Umbildungen im Mineralreich bzw. die Zeugnisse einer 'früheren Welt', sie waren die sprechenden Belege dafür, daß auch im Mineralreich

"ein Werden und ein Vergehen ist; denn unter der mächtigen hundertjährigen Eiche, welche unsere Vorfahren gepflanzt,

59. Vgl. Cotta (1866a), S. 540-43.

60. Vgl. B. Fritscher (1991a), S. 91-94.

61. Vgl. in diesem Sinne etwa den dritten Band von Roth (1879-93) und Van Hise (1904c). Vgl. hierzu auch Fischer (1961), S.

240; Manten (1966), S. 8; Levinson-Lessing (1954), S. 34f. u. ö.

62. Einer der Hauptgegenstände des ersten Bandes des "Lehrbuchs" war es in diesem Sinne, "die Fossilien, wie sie im Mineralreiche vorkommen, in zwei Classen, in die der primären und in die der secundären, zu bringen". Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 1.

finden wir zersetzte Feldspathe, umgewandelte Augite, Quarze in Formen von Kalkspath pp. Daß die Eiche gewachsen ist, bezeugt die Geschichte, wir selbst sind Zeugen davon, wir kennen sogar ihr Alter. Daß unter ihr Zersetzungen, Umwandlungen & Verdrängungen im Mineralreiche statt gefunden haben, bezeugt die unverändert gebliebene ursprüngliche Krystallform der der Veränderung unterlegenen Mineralkörper; nichts ist aber vorhanden, welches die Dauer dieser Veränderungen bezeugt"⁶³.

Mehrfach verwies er so im Schreiben an **Humboldt** auf die Bedeutung der Pseudomorphosen, insbesondere im Hinblick auf die Frage nach der Zersetzung bzw. der Umbildung der Feldspäte⁶⁴.

"Glücklicher Weise", so heißt es mit Rücksicht auf die im Quarzporphyr bei Ilmenau in Thüringen häufig zu beobachtenden zersetzten Feldspatkristalle, "erhielt sich aber die Form des Krystalls & diesem Umstande verdanken wir die Entzifferung des merkwürdigen Prozesses, welcher die Metamorphose bewirkte"⁶⁵.

Im zweiten Band des *Lehrbuches* machte **Bischof** diese gewissermaßen 'historische Funktion' der Pseudomorphosen weiter deutlich. Daß wir durch die Pseudomorphosen Einsicht in die

g.

63. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152).

64. Dies hängt u. a. damit zusammen, daß gerade die Feldspäte einen der 'Schwachpunkte' in seinem neptunistischen System bildeten. Wie er selbst bemerkt, sei nämlich die Möglichkeit der Entstehung der Feldspäte "auf nassem Wege" bisher noch nicht so klar belegt wie die "auf feuerflüssigem Wege", da es bis jetzt noch nicht gelungen sei, ihn auf jenem Weg auch künstlich darzustellen. Vgl. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 295. Ein weiteres Beispiel für die Bedeutung von Pseudomorphosen bei Bischof findet sich im Zusammenhang mit der Frage nach dem Vorkommen von "Flußsäure" (bzw. von "Fluorcalcium") in fossilen Knochen. Gegenüber der zunächst naheliegenden Annahme, daß diese mit den Nahrungsmitteln zugeführt sei, vertrat Bischof die Auffassung einer nachträglichen Veränderung dieser Knochen durch wässerige (flußsäurehaltige) Lösungen. Ein wesentlicher Beleg hierfür war ihm dabei eine von dem Mineralogen Johann Reinhard Blum aufgefundene "Pseudomorphose von Flußspath nach Formen von Kalkspath". Bischof an Humboldt, 1.11.1848 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 76). Vgl. auch Blum (1847), S. 19. Vgl. ferner Bischof, Lehrbuch I (1847), S. 491.

65. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152). Vgl. hierzu auch Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 295-316, hier vor allem S. 298. Ganz ähnlich hat später auch G. Tschermak (im Anschluß an Bischof) die Bedeutung der Pseudomorphosen für die Frage nach der Entstehung der Feldspäte beurteilt. Der Mineraloge, welcher die "Pseudomorphosen und die Zersetzungsprodukte" untersuche und diese mit den ursprünglichen Mineralien vergleiche, sei "in derselben Lage .., wie der Chemiker im Laboratorium, nur dass letzterer die Vorgänge mehr in der Hand hat und nicht so sehr auf den glücklichen Zufall angewiesen ist." Vgl. Tschermak (1864), S. 599. Über die geologische Bedeutung der Pseudomorphosen vgl. auch Groth (1926), S. 224-6.

Geschichte der Erde erlangen könnten, verdankten wir der Tatsache, daß die "Natur" in den Pseudomorphosen gewissermaßen "ihrem Streben, sich so oft zu verhüllen, ... untreu geworden" sei; man könne "kaum aus irgend einer Erscheinung auf Vorgänge in längst vergangener, sowie in gegenwärtiger Zeit mit größerer Sicherheit, als aus den Umwandlungen im Mineralreiche auf das, was früher war, schließen"⁶⁶. Die Funktion der Pseudomorphosen entsprach damit hinsichtlich der Geschichte der Mineralien letztlich der, welche die Fossilien für die Geschichte der (Sediment)Gesteine haben:

"Ueberhaupt, was die Petrefacten für die Kenntniß der Reihenfolge dieser Bildungen [der Sedimentgesteine; B. F.] sind, das sind die Pseudomorphosen für die Kenntniß der Umwandlungsprocesse, welche im Mineral- wie im Pflanzen- und Thierreiche immerfort vor sich gehen"⁶⁷.

Zumindest implizit legte **Bischof** auch dar, warum die Pseudomorphosen bei ihm eine solche 'historische Funktion' erlangen konnten, nämlich durch die für ihn bestimmende Trennung zwischen der chemischen Natur der Mineralien und ihrer Kristallform. Wie wäre es möglich, zu erkennen, daß z. B. ein "gegebener Speckstein ehemals Feldspath oder Glimmer oder Turmalin" gewesen sei, "wenn stets mit Veränderung der Materie eine Veränderung der Form begleitet wäre?"⁶⁸ Da dies aber eben nun nicht der Fall sei, wie die Pseudomorphosen eindeutig belegten, sei "es nicht mehr eine Vermuthung, sondern eine ausgemachte Thatsache", daß jener Speckstein früher Feldspat oder Glimmer gewesen sei. Es bleibe dann nur mehr zu untersuchen, auf welche Weise die Natur die Umwandlung bewirkt habe.

"Wo die Chemie, welche nur an das Materielle sich halten kann, uns verläßt, da hilft die Krystallographie"⁶⁹.

Dabei war es für **Bischof** auch nicht ausschlaggebend, ob nun bestimmte Pseudomorphosen häufig oder vielleicht auch nur einmal in der Natur zu beobachten sind. Finde man nur "irgend eine Pseudomorphose" im Mineralreich, so zeige die Natur damit, was sie zu machen im Stande sei, "und was sie einmal macht, kann sie auch öfter zu Stande bringen". Ebenso wie ein einzelnes Fossilvorkommen über das "relative Alter" einer ganzen "sedimentären Bildung" entscheiden könnte, sei eine bestimmte

66. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 5.

67. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 5 (Herv. B. F.).

68. Vgl. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 5 (Herv. B. F.).

69. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 5 (Herv. B. F.).

Pseudomorphose hinreichend, um über den Bildungsprozeß einer Mineralart Aufschluß zu geben⁷⁰.

Ein weiteres bestimmendes Moment der **Bischofschen** Metamorphose war deren Orientierung am Stoffwechsel der Pflanzen. Und dies ist jetzt auch der Aspekt, der seine chemische Geologie einerseits am auffälligsten in die Nähe der Romantik rückt, andererseits aber auch in die Nähe bestimmter Aspekte der Geochemie des 20. Jahrhunderts⁷¹. Daß hier romantisches Gedankengut mit zum Tragen kam, ist mit Blick auf **Bischofs** Biographie kaum zu bezweifeln. Wesentlicher scheint mir deshalb, diese so offensichtliche Übereinstimmung mit der Romantik nicht überzubewerten. Wenn **Bischofs** Vergleich der Metamorphose mit dem Stoffwechsel der Pflanzen auch zum Teil romantischen Einflüssen zuzuschreiben ist, so hat dieser doch auch ganz 'reale' Hintergründe. Einer davon wäre etwa die Entwicklung der landwirtschaftlichen Chemie durch **Justus von Liebig** (1803-1873) ab Anfang der 30-er Jahre, welche eben einen ganz 'realen Zusammenhang' von Pflanzen- und Mineralreich dargelegt hat⁷².

Vor allem aber blieb bei **Bischof** der Vergleich der Metamorphose zum pflanzlichen Stoffwechsel immer eine Analogie, d. h. von einem romantischen 'Erdorganismus' war bei ihm nicht die Rede. Wenn es auch "nicht eine Fiction (ist), daß ebenso, wie in der dünnen Erdkruste, in welcher die Pflanzen wurzeln, Auflösungen, Absätze & Ausscheidungen mineralischer Stoffe erfolgen, so auch unter ihr & bis dahin, wohin noch Gewässer dringen", so kämen doch die mineralischen Bestandteile im

70. Vgl. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 5 (Herv. orig.).

71. Gemeint ist hier vor allem eine Arbeit von V. M. Goldschmidt über den "Stoffwechsel der Erde" (V. M. Goldschmidt, 1922c) sowie V. I. Vernadskijs "biogeochemischer Kreislauf" der Elemente.

72. Vgl. Liebig (1840b). Dies gilt dann auch unabhängig davon, wie weit Liebig's Arbeiten selbst im romantischen Denken wurzeln (was sie ohne Zweifel tun). Daß Liebig zunächst unter dem Einfluß der romantisch-idealistischen Naturforschung stand, ist nicht unbekannt. Er war ab 1820 Schüler des Chemikers C. W. G. Kastner in Bonn, also eines Vertreters der naturphilosophisch orientierten Chemie (s. o.). Mit diesem ist Liebig 1821 nach Erlangen gegangen, wo er 1822 mit einem Thema über Pflanzen- und Mineralchemie promovierte. Ob Liebig und Bischof sich bereits in Bonn näher kennen gelernt haben, läßt sich nach dem vorliegenden Material nicht mit Sicherheit sagen. Das früheste mir bekannte Zeugnis einer persönlichen Beziehung zwischen beiden ist der o. g. Brief Bischofs an Liebig vom 25.12.1827 (BSB-HS: Liebigiana II C/G. K. Bischof), in dem er sich für eine durch Liebig vermittelte finanzielle Zuwendung an sein Laboratorium in Bonn bedankt (vgl. oben Anm. 36).

Pflanzenreich von "aussen". Sie würden diesem "bloß geliehen, denn nach dem Absterben der Pflanzen kehren sie in den Boden wieder zurück", und nur im Mineralreich könnten diese chemischen Vorgänge bleibende Wirkungen hinterlassen, nur hier "multipliciren sie sich"⁷³. Vor allem aber seien die Gesetze, welche diese Prozesse bestimmen, in beiden Reichen grundlegend verschieden:

"Dort [im Pflanzenreich; B. F.] stehen diese chemischen Prozesse unter der Herrschaft der Organisation: die unorganischen Bestandtheile des Bodens werden von den Pflanzen mit Auswahl aufgenommen und assimilirt. Hier sind es die im Mineralreiche, wie in unsern Laboratorien geltenden chemischen Gesetze, welche Bilden & Umbilden"⁷⁴.

Auf die hier zugrunde liegende (romantische) Unterscheidung zwischen den Wirkungen der "Organisation" und den im Mineralreich allein wirkenden "chemischen Gesetzen" wird noch zurückzukommen sein. Wesentlich zum Verständnis seiner "physischen Chemie der Erde" ist jetzt aber zunächst **Bischofs** Begriff der "chemischen Gesetze".

Wenn **Bischof** die in der Natur und in den Laboratorien gleichermaßen geltenden "chemischen Gesetze" zum Leitfaden seiner Metamorphose - und damit seiner gesamten chemischen Geologie - machte, so war dies auf den ersten Blick eine ganz 'moderne' Forderung. Bei näherer Betrachtung erweist **Bischof** sich aber gerade hier, d. h. in seinem Begriff der "chemischen Gesetze", wie er im Schreiben an **Humboldt** vor allem in seiner Kritik an der Annahme einer magmatischen Entstehung des Glimmers zum Ausdruck kommt, als Erbe der chemisch-mineralogischen Tradition des 18. Jahrhunderts und zugleich als Erbe der Naturphilosophie.

Die Belege dafür, daß es "weder einen plutonisch gebildeten Granit, noch Syenit, noch Porphyr u.s.w." gibt, seien so eindeutig, daß kaum eine andere Auffassung denkbar sei. Wenn er diesen Beweis nicht zu führen in der Lage sei, so würde er sich "nicht rühmen können, je einen Beweis geführt zu haben"; ein umfangreiches Kapitel könnte er allein "mit der Zahl der

73. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152).

74. Ebd. Ganz analog hatte Liebig in der "Lebenskraft" einen grundlegenden Unterschied zwischen organischem und anorganischem Reich angenommen und in diesem Sinne die Aufnahme mineralischer Nährstoffe durch die Pflanze als "Verwandlung des Minerals in einen mit Leben begabten Organismus" mittels einer "vegetativen Lebensthätigkeit" verstanden. Vgl. Liebig (1842), S. 190f.

gesammelten Beweise füllen, daß der Feldspath auf nassem Wege gebildet wird"⁷⁵.

Ganz ähnlich verhalte es sich mit dem Glimmer. Daß auch dieser ein Umwandlungsprodukt ist (und eben kein ursprünglich magmatisch gebildetes Mineral), begründete **Bischof** vor allem mit der scheinbar so geringen Zersetzbarkeit des Glimmers durch die "Atmosphärlilien" (womit im wesentlichen "Kohlensäure & Sauerstoff" gemeint sind). Diese Stoffe hätten zunächst auf die "Gesetze, wonach Verbindungen auf feuerflüssigem Wege erfolgen, sey es im Grunde der Vulkane oder unserer Schmelzöfen", nur dann einen Einfluß, "wenn die aufeinanderwirkenden Stoffe oxydirbar sind". Bei bereits oxidierten Körpern - und dies sind eben die hier eigentlich in Rede stehenden "Erden" - erfolgten deren Verbindungen "in der Schmelzhitze" völlig unabhängig von diesen Stoffen. Wenn allerdings solche Verbindungen erst einmal entstanden seien, stünden sie unter dem Einfluß der "Atmosphärlilien", sobald sie auch nur mit "Tagewasser in Berührung kommen" (da diese ja stets "Kohlensäure & Sauerstoff" mit sich führten). **Bischof** verwies dazu auf die bekannte Umkehr der Verwandtschaftsverhältnisse von Kieselsäure und Kohlensäure, d. h. in der "Schmelzhitze" werde bekanntlich die letztere durch die erstere aus ihren Verbindungen ausgetrieben, während es bei "gewöhnlicher Temperatur" genau umkehrt sei: dort würden "die Silicate durch die Kohlensäure zerlegt"⁷⁶. Und diese Umkehrung der Verwandtschaftsverhältnisse mit steigender Temperatur war eben für **Bischof** nicht nur eine 'Erfahrungstatsache', sondern ein "allgemeines Gesetz"⁷⁷.

75. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152).

76. Ebd.

77. "Haben wir nur diejenigen Processe im Auge, welche die geologisch wichtigsten Umbildungen bewirken: so ist diese Umkehrung der Verwandtschaften ein allgemeines Gesetz". Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 1214. Daß die Wärme bzw. die Temperatur maßgeblich mitbestimmend ist für die Art der chemischen Reaktion, war zur Zeit Bischofs allgemein anerkannt. In diesem Sinne heißt es etwa bei C. F. Schönbein - mit Bezug auf C. F. von Kiemeier (1765-1844) -, daß es "im Allgemeinen wahr" sei, daß "jede bestimmte Temperatur auch ihre eigene Chemie habe". Vgl. Schönbein (1838), S. 268-70. Für eine Darstellung der chemischen "Verwandtschaftslehre" bzw. dieser "theoretischen Chemie" aus zeitgenössischer Sicht vgl. etwa auch Buff/Kopp/Zamminer (1857), S. 582-96. Explizit auf der Grundlage einer dynamischen Materieauffassung wird die Chemische Verwandtschaft behandelt von Karsten (1843), S. 152-9. Für ihn ist die Untersuchung der chemischen Verwandtschaften der Körper eine wesentliche und notwendige Aufgabe für den Chemiker. Die Auffassung der Chemischen Verwandtschaft als einer besonderen, den Körpern

Unter den im Mineralreich vorkommenden Silikaten sei es nun allerdings tatsächlich das "Thonerdesilicat"⁷⁸, welches eine Ausnahme von dieser Regel darstellte. Es widerstehe der Zersetzung durch die Kohlensäure, da es zu dieser keine Verwandtschaft habe. Bestünde also der Glimmer nur aus "Thonerdesilicat", so wäre es leicht einzusehen, wie er, "vorausgesetzt, daß er auf feuerflüssigem Wege entstanden wäre, der Zersetzung durch die Atmosphärlilien widerstehen könnte"⁷⁹. Allerdings sei dies nun eben nicht der Fall. Der Glimmer enthalte vielmehr eine Reihe weiterer Silikate (von Eisenoxid, von Magnesia oder den Alkalien), welche alle durch Kohlensäure zersetzbar sind, und man sollte daher erwarten, daß er durch die "atmosphärische Kohlensäure" leicht zersetzbar wäre:

"Aber gerade das Gegentheil zeigt sich: der Glimmer gehört zu den unveränderlichsten mineralischen Bildungen, welche wir kennen. Während die unzweifelhaft feuerflüssigen Bildungen, die Laven, mehr oder weniger leicht der Zersetzung durch die Atmosphärlilien erliegen, widersteht ihnen der Glimmer äusserst hartnäckig. Unter den Feuerproducten würde also dieses Mineral das einzige seyn, welches sich den allgemeinen Zersetzungsprozessen entzöge. Kann man die Möglichkeit nicht in Abrede stellen, daß ein einzelner Fall eine Ausnahme von einem allgemeinen Gesetze bilden kann: so hat doch gewiß die Realität eines solchen Falles nur wenig Wahrscheinlichkeit"⁸⁰.

Einen deutlichen Beleg für die "ausserordentliche Unveränderlichkeit" des Glimmers sah **Bischof** weiter in dessen extremer Spaltbarkeit⁸¹. Die "Glimmerblättchen sind das einzige

eigenen Kraft lehnt er allerdings ab; zur Erklärung der Bildung der "specifisch gearteten Körper" sah er die "Kohäsionskraft" als die "der Materie wesentliche bildende Kraft" vollkommen hinreichend. Vgl. Karsten, a. a. O., S. 153f. & 157. Zur Bedeutung des Begriffs der chemischen Verwandtschaft (bzw. der Affinität) und seiner historischen Entwicklung vgl. dann auch Leveré (1971); Adler (1987), S. 32-83.

78. Thonerde bezeichnet Aluminiumoxid, also Al_2O_3 (als Mineral: der Korund).

79. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152).

80. Ebd. Vgl. auch Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 1216. Bischof unterschied hinsichtlich der Zersetzbarkeit der Mineralien durch die "Atmosphärlilien" allgemein vier Klassen: die "Oxyde" als die am leichtesten verwitterbaren Mineralien, dann die "Hydrate", die "Carbonate" und schließlich die am schwersten zersetzbaren "Silicate".

81. Diese Spaltbarkeit hat Bischof auch experimentell zu bestimmen versucht. Er habe Blättchen von "0,00016 bis 0,00003 Linien" (1 Linie = ca. 2mm) erhalten, ohne damit allerdings die Grenzen der wirklichen Spaltbarkeit zu erreichen. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152). Vgl. auch Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 981f.

Meisterstück der Natur" in der "ausserordentlichen Zertheilung eines zusammengesetzten festen Mineralkörpers", und soweit nun die "Zerspaltung der Glimmer" reiche, reiche "gewiß auch die Durchdringbarkeit vom Wasser"⁸². Dies hätten ihm auch seine Versuche mit dem "schönen Glimmer von Aschaffenburg" gezeigt⁸³: so weit man dessen Zerspaltung auch fortsetze, zeige sich doch immer zwischen den Spaltungsflächen ein "goldgelber Staub". Dieser könnte kein zersetzter Glimmer sein, denn entferne man diesen Staub, so zeigten sich die Glimmerblättchen "immer noch vollkommen durchsichtig & nicht im mindesten angegriffen". Der Staub könne also nur von "Gewässern" stammen, welche durch diese Spaltungsflächen geflossen sind und ihn dort abgesetzt haben⁸⁴. Bedenke man nun weiter, daß die Gewässer "viele Zoll große Feldspathkrystalle zu zersetzen" vermögen, so sei es zunächst eigentlich

"kaum begreiflich .., wie dennoch der Glimmer, der, möchte man sagen, in lauter Oberfläche umgewandelt, der Zersetzung so hartnäckig widerstehen kann. Fürwahr, es liegt etwas wunderbares & geheimnisvolles in der Mischung eines so zusammengesetzten Körpers, wie der Glimmer ist. Ganz abgesehen von seiner Bildungsart, erscheint er als ein Mineral, in welchem sich die Verwandtschaften seiner Bestandtheile zu einander in's Gleichgewicht gesetzt haben mit denen seiner Bestandtheile zu den Atmosphärilien, oder in welchem letztere fast Null geworden sind. Ist er ein Feuerprodukt, so ist er ein großes Meisterstück der Natur; denn ein solches unter Verwandtschaftsgesetzen hervorzubringen, die denen, welcher er nach seiner Bildung ausgesetzt ist, ganz entgegengesetzt sind, & ohne daß diese entgegengesetzten Kräfte auf ihn einzuwirken vermögen, dieß setzt Umstände von ausserordentlicher Art voraus. Viel leichter zu begreifen & den Naturgesetzen mehr entsprechend ist es, wenn wir den Glimmer für ein Produkt einer fortwährenden Einwirkung des Wassers, des Sauerstoffs & der Kohlensäure auf gegebene Mineralkörper halten, wodurch dasjenige ausgeschieden wurde, welches eine größere Verwandtschaft zu diesen Atmosphärilien als zu den, den Glimmer bildenden Bestandtheilen Vereinfacht hatte"⁸⁵.

82. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152).

83. Vgl. hierzu auch Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 1217.

84. Bischof an Humboldt, 29.4.1850 (SBB-Hs: Nachlaß A. von Humboldt Ka. 11, Nr. 152).

85. Ebd. (Herv. B. F.). Vgl. auch Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 1219 & 1374. Als ein mögliches Ausgangsmineral des Glimmers nennt Bischof die Hornblende. Hierzu verweist er auf eine Beobachtung von T. H. Fergus, welcher die Oberfläche eines Grünsteinfelsens bei Boston mit Glimmerschüppchen bedeckt gefunden habe, dessen Inneres allerdings keinen Glimmer, sondern nur Hornblende enthalten habe; der erstere sei also offensichtlich durch Verwitterung aus letzterem entstanden. Vgl. Fergus (1848). Vgl. auch Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 873.

Zusammenfassend gesagt, besagt diese Argumentation **Bischofs**, daß nach den "chemischen Gesetzen" - und damit meinte er die 'Gesetze der chemischen Verwandtschaft', welche für ihn gleichbedeutend sind mit "Naturgesetzen" - der Glimmer nur ein "sekundäres Mineral" (vgl. o. Anm. 62), d. h. auf dem Wege der Umwandlung aus anderen Mineralien entstanden sein kann. Seine geringe Verwitterbarkeit bedeute, daß er sich in einer Art 'chemischem Gleichgewicht' mit seiner Umgebung befindet (worunter eben die Gewässer zu verstehen sind, welche die Gesteine durchdringen bzw. die in diesen gelösten chemischen Bestandteile), daß also auf den Glimmer keine 'Kräfte der chemischen Verwandtschaft' mehr wirkten. In diesem Gleichgewicht befinde er sich mit den "Atmosphärien" (Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure), also gerade mit den Stoffen, welche - wie **Bischof** ja zu Beginn festgestellt hatte - bei der Bildung von Verbindungen "in der Schmelzhitze" keine Rolle spielen. Wenn diese dort aber keine Rolle spielen, und dies ist **Bischofs** eigentliches Argument, wie hätte dann bei dem Glimmer - wenn er ein magmatisch entstandenes Mineral wäre - ein solches Gleichgewicht entstehen können, wie wir es heute beobachteten?⁸⁶

Damit sind wir jetzt eigentlich an dem Punkt, an dem **Bischofs** Chemie sich als eine "physische" erweist bzw. er selbst sich als 'echter Romantiker' zeigt. Wenn **Bischof** von den "in unsern Laboratorien geltenden chemischen Gesetzen" sprach, so war damit gerade nicht eine moderne 'mechanische' oder 'künstliche Chemie' gemeint. **Bischof** fragte - ganz im Sinne der aristotelischen *episteme* - nach dem, was entweder mit Notwendigkeit, in der Regel, oder aber meistens geschieht⁸⁷. Er fragte nicht nach dem Zufälligen oder Akzidentellen, nach dem, was unter bestimmten - vergleichsweise selten eintretenden oder auch außergewöhnlichen - Bedingungen möglich ist. Inbegriff der "Naturgesetze" in diesem Sinne sind für ihn die "chemischen

86. Dies ist gewissermaßen die 'explizite' Beweisführung Bischofs. Implizit steht hinter dieser aber auch eine traditionelle Grundüberzeugung der Chemiker, nämlich die, daß Mineralien, die im Feuer behandelt (geglüht, geschmolzen usw.) worden sind, durch die chemischen Agentien leichter 'angreifbar' sind (das sogenannte "Aufschließen" durch das Feuer). In diesem Sinne hat Bischof ja auch darauf verwiesen, daß gerade die Laven (die offensichtliche magmatischen Ursprungs sind) leicht verwitterbar sind. Und warum sollte gerade der Glimmer hier eine Ausnahme bilden?

87. Vgl. Aristoteles: Metaphysik VI,2. 1027a 20-21.

g.

Gesetze", d. h. die Gesetze der chemischen Verwandtschaft (einschließlich deren Umkehrbarkeit durch hohe Temperaturen), so wie er sie 'in aller Regel' in seinem Labor beobachten konnte.

Ein Beispiel hierfür sind seine eben besprochenen Überlegungen zur Entstehung des Glimmers. Noch deutlicher wird die Bedeutung der Gesetze der chemischen Verwandtschaft in **Bischofs** chemischer Geologie allerdings in dem ebenfalls kurz angesprochenen Verwandtschaftsverhältnis von Kieselsäure und Kohlensäure, gewissermaßen dem 'Grundgesetz' einer 'physischen' chemischen Geologie: Bei normaler Temperatur ist die Kohlensäure 'in aller Regel' die stärkere Säure, bei hohen Temperaturen ist es die Kieselsäure, welche die Kohlensäure aus ihren Verbindungen austreibt⁸⁸. Dies war für **Bischof** ein Gesetz, welches von der Natur selbst vorgegeben war, dessen Wirkungen deshalb nicht - oder zumindest nicht nachhaltig - verändert werden könnten. Letzteres bezog sich wiederum vor allem auf die - von den Plutonisten zumindest implizit zugrundegelegte - Annahme, daß mechanischer Druck eine (nachhaltige) Wirkung auf die Gesetze der chemischen Verwandtschaft auszuüben im Stande sei. Der Druck war für diese gewissermaßen das 'Hilfsmittel', das immer dann herangezogen wurde, wenn die geologischen Hypothesen mit den physikalischen oder chemischen Gesetzen in Widerspruch zu geraten schienen⁸⁹. g.

88. Die grundlegende Bedeutung, die für Bischof (und überhaupt die chemischen Geologen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts) dem chemischen Verhalten von Kiesel- bzw. Kohlensäure bei den Aussagen der chemischen Geologie zukommt, ergibt sich aus deren maßgeblicher Funktion bei der Bildung und Umbildung der Gesteine. Vgl. hierzu vor allem Fuchs (1837), S. 8-10; vgl. auch B. Fritscher (1991a), S. 169-73. In diesem Sinne spricht auch F. Guthrie noch 1884 von der Kieselsäure ("silica") als "the great earth-acid, a title which it shares with carbonic acid, whose other realm is the air, and to some extent with hydrochloric acid, whose proper region is the sea, ...". Guthrie (1884), S. 479.

89. In diesem Sinne hat B. von Cotta Bischof vorgeworfen, daß er keinen Unterschied zwischen "vulkanischer und plutonischer Bildung gemacht" habe, wobei eben letztere vor allem durch hohen Druck gekennzeichnet sei. Vgl. Cotta (1866a), S. 543. Auch Bischof hat dem Druck durchaus eine Wirkung auf die aus geschmolzenen Massen entstehenden Produkte zugeschrieben. So sah er etwa bei seinen Schmelzversuchen mit Basalt die Ursache für dessen (nach der Schmelzung) im Einzelfall "durchaus steinige Beschaffenheit" vor allem im Druck (d. h. weniger in der langsamen Abkühlung). Aber dies wäre dann eben eine mechanische Wirkung auf die physikalische Beschaffenheit des Produktes, nicht aber eine Wirkung, welche dessen chemische Zusammensetzung betrifft. Vgl. Bischof, Lehrbuch (2. Aufl.) III (1866), S. 423f.; vgl. auch ebd. 284 Anm. 1. Vgl. zu diesem Problem dann vor allem auch B. Fritscher (1991a), S. 253-282. g. 1/2

Ein weiteres Beispiel für diese Bedeutung der chemischen Verwandtschaft bzw. des 'natürlichen', nicht nachhaltig veränderbaren Verbindungsstrebens der chemischen Stoffe für seine chemische Geologie - und zugleich für den Ursprung dieser Auffassung in der deutschen Naturphilosophie - gab **Bischof** in seinen Überlegungen zum Urzustand der Erde. Es hieße, die Wirkung der chemischen Verwandtschaft zu leugnen bzw. sogar ein "Wunder" zu fordern, wolle man die chemischen Stoffe für diesen Urzustand in elementarer Form annehmen. Ihm schien es viel wahrscheinlicher bzw. den Gesetzen der chemischen Verwandtschaft angemessener,

"daß das Zusammengesetzte früher, als das Einfache existiert habe. Jene Geologen, welche sich von der Idee einer Existenz der Elemente in der Schöpfungsperiode nicht losreißen wollen, müssen wenigstens zugeben, daß dieser elementare Zustand nur ganz kurze Zeit gedauert haben könne; es sei denn, daß die chemischen Verwandtschaften damals nicht existiert haben, oder daß damals die Allmacht ihre Wirkungen durch ein Wunder aufgehoben habe"⁹⁰.

Nichts nötige dazu, einen solchen elementaren Zustand anzunehmen, welcher "den Gesetzen der Chemie so sehr entgegen ist", außer daß man der "Allmacht durchaus die Rolle eines synthetischen Chemikers, aber eines solchen zutheilen will, der erst Elemente schafft, um sie nachher mit einander zu verbinden"; überhaupt scheine "der Begriff der Elemente nur für die geschaffene Natur (natura naturata), nicht aber für die schaffende Natur (natura naturans) zu gelten"⁹¹. Hinsichtlich der ersteren - d. h. der gegenwärtigen, sichtbaren Natur - gäbe es zweifellos Elemente, denn die Umwandlung eines Elements in ein anderes sei bisher nicht beobachtet worden. Ganz anders verhalte es sich bezüglich der "schaffenden Natur". Dieser gegenüber von Elementen zu sprechen, führe mehr oder weniger auf die Versuche **Leukipps** und **Demokrits**,

"die Körperwelt ohne Weltgeist und ohne von ihm abstammende Kräfte zu erklären. Wenn wir .. die Materie überhaupt als etwas von der Allmacht Geschaffenes betrachten, wird der Begriff des Elementaren gänzlich ausgeschlossen; denn das Schaffen setzt voraus, daß etwas werde, was es früher nicht war, und daß die Allmacht, welche, wie es in der Genesis heißt, aus Nichts die Welt geschaffen hat, auch ein Element in ein anderes umwandeln kann, wird Niemand in Abrede stellen"⁹².

Einen empirischen Beleg für die Ablehnung eines elementaren Zustandes der Stoffe in der Urerde - der jetzt auch einen im

90. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 6f.

91. Vgl. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 9.

92. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 9.

weiteren Sinne (und im Vorhergehenden auch schon implizit angedeuteten) physikotheologischen Hintergrund seiner Argumentation zeigt - sah **Bischof** in der Tatsache, daß das Vorkommen elementarer Körper in unserer Erde, "so weit und so tief wir sie kennen, zu den größten Seltenheiten" gehöre; es habe also offensichtlich nicht "im Plane der Vorsehung" gelegen, aus den Elementen "wesentliche Theile der Erdkruste zu bilden". Angesichts der Tatsache, daß wir überall in der ganzen Schöpfung "Zweckmäßigkeit, und eine weise Berechnung für den Dienst des organischen Lebens" fänden, scheine es nur schwer verständlich, warum dann etwa gerade die dem Menschen so unentbehrlichen Metalle, wenn sie tatsächlich "von der Allmacht im elementaren Zustande geschaffenen" worden wären, nicht auch in diesem Zustand "dem kommenden Menschengeschlechte aufbewahrt" worden seien, sondern vielmehr "ungewöhnliche Kräfte aufgeboden" bzw. "ganze Wälder verwüstet werden müssen, um die zwecklos mit ihnen in Verbindung getretenen, nicht metallischen Stoffe wieder abzuscheiden"⁹³.

Für **Bischof** führten also solche "Erdbildungs-Versuche", d. h. die Annahme eines elementaren Zustandes der Elemente in der Früherde, zwangsläufig auf Schwierigkeiten und Widersprüche", welche nur durch "neue willkürliche Annahmen" beseitigt werden könnten:

"Dies ist eine unzertrennliche Folge, wenn man über das Gebiet der Erfahrung hinausschweift. Daher können alle solche Ausschweifungen nur als Phantasie-Gemälde betrachtet werden und gehören, streng genommen, nicht in eine Wissenschaft, welche sich immer mehr bemühen sollte, alles Willkürliche abzustreifen, um nach und nach die Ehre zu erkämpfen, zu den exacten gezählt zu werden"⁹⁴.

Wenn **Bischof** so die Theorien seiner Zeit über die Frühgeschichte der Erde vielfach für spekulativ hielt, so lehnte er diese doch keineswegs überhaupt ab, d. h. seine Kritik sollte nicht etwa im Sinne einer methodischen Beschränkung der chemischen Geologie auf die 'Naturbeschreibung' verstanden

93. Vgl. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 9f. Wenn hier auf die Physikotheologie als einen Hintergrund der Argumentation Bischofs verwiesen wird, so muß dabei auch gesehen werden, daß dies zwar ein unterstützender, aber kein zentraler Faktor der chemischen Geologie Bischofs war. Die physikotheologischen Überlegungen standen hier gewissermaßen zur Unterstützung seiner Auffassung über die grundlegende Bedeutung der 'natürlichen' Gesetze der chemischen Verwandtschaft, d. h. sie sollten nicht als Ausgangspunkt dieser letzteren Überzeugung gesehen werden.

94. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 11.

werden. Er war sich durchaus bewußt, daß eine solche 'rein beschreibende' Geologie in seiner Zeit nicht mehr möglich war bzw. - trotz möglicher anderslautender Bekundungen - längst aufgegeben worden war, seien doch inzwischen alle Geologen "mehr oder weniger in das Gebiet des Genetischen übergegangen"⁹⁵. Was er hinsichtlich der Frage nach der Entstehung der Gesteine oder der Theorien über den Urzustand der Erde forderte, war nichts anderes, als die Übereinstimmung mit den Gesetzen der 'sichtbaren Natur', und das hieß für ihn: mit den durch Erfahrung gewonnenen chemischen Gesetzen. Die Unterscheidung von 'Naturbeschreibung' und 'Geschichte der Natur', von 'Sein und Werden', war für **Bischof** - und zumindest in diesem Aspekt kündigte sich bei ihm die Moderne an - kein grundlegender methodischer Unterschied mehr, sondern letztlich nur ein gradueller:

"So weit wir im Werden zurückgehen und wenn auch bis zu den Nebelflecken, die sich auflösen oder gegen ihre Mitte verdichten: so müssen wir doch stets von einem Sein ausgehen. Der ganze Unterschied besteht darin, daß der Kühnere von einem früheren, der minder Kühne von einem späteren Zustande ausgeht"⁹⁶.

95. Für den "beschreibenden Naturforscher" mag es hinreichend gewesen sein, die "Gemengtheile" der Gesteine der Reihe nach aufzuzählen, wobei er dann "höchstens die wesentlichen von den unwesentlichen, die vorwaltenden von den zurückgedrängten" unterschieden habe. "Aber wie viele Geognosten haben sich bloß innerhalb der Grenzen der Naturbeschreibung gehalten?" Vgl. Bischof: Lehrbuch II/1 (1851), S. 3. In diesem Sinne hat etwa auch A. von Humboldt festgestellt, daß zwar die "geheimnisvollen und ungelösten Probleme des Werdens" letztlich nicht in die "Schilderung des Gewordenen, des dermaligen Zustandes unsres Planeten" gehörten, daß aber letztlich doch das "Seiende ... von dem Werdenden nicht absolut zu scheiden" sei, mahne doch das "ganze Erdenleben" in "jedem Stadium seiner Existenz, an die früher durchlaufenen Zustände". Vgl. Humboldt, Kosmos I (1845), S. 63 & 367. Besonders gilt dies dann natürlich für die chemischen Geologen, welche die Genese der Gesteine immer als eines ihrer Ziele angesehen haben. Ein Beispiel hierfür gibt G. Leube, Apotheker aus Ulm, in einem Vortrag über die Bedeutung der Chemie für die Geognosie vor der ersten Generalversammlung des "Vereins für vaterländische Naturkunde" am 2. Mai 1845 in Stuttgart. Mit Hinweis u. a. auf die "chemischen Untersuchungen über die verschiedenen Kalkformationen Schwabens" von Christian G. Gmelin (1792-1860) in Tübingen forderte er weitere "plangemäße chemische Untersuchungen der verschiedenen Formationsglieder unserer Gebirge", um so "Materialien zu liefern, welche vereint eine entschiedene Förderung der Geognosie in Aussicht stellen", indem aus "einer chemischen Behandlung gründlichere Bildungstheorien und festere Principe für die Trennung und Eintheilung der verschiedenen Bildungsglieder hervorgehen ..." Vgl. [Leube] (1845), S. 153. Vgl. auch Leube (1843).

96. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 12.

Zusammenfassend sind es also vor allem vier Punkte, durch welche sich **Bischofs** chemische und physikalische Geologie, wie sie sich im Brief an **Humboldt** gewissermaßen in Kurzform dargelegt findet, charakterisieren läßt:

- a) Das Konzept der 'hydrochemischen Metamorphose' (einschließlich der Bedeutung, welche hierbei den Pseudomorphosen zukommt).
- b) Die daraus resultierende Unterscheidung von ursprünglichen ("primären") und nachträglich veränderten ("secundären") Mineralien.
- c) Der Vergleich der chemischen Vorgänge im Mineralreich mit denjenigen im Pflanzenreich.
- d) Ein Begriff von "chemischen Gesetzen" bzw. von "Naturgesetzen", welcher wesentlich von der Annahme 'natürlicher' chemischer Verwandtschaften der Stoffe bedingt ist.

Insbesondere der letztere Punkte machte **Bischofs** chemische Geologie zu einer "physischen Chemie" der Erde. Die durch die Erfahrung gegebenen "chemischen Gesetze" bzw. die chemischen Verwandtschaften stellten insofern 'physische Gesetze' dar, als sie von der Natur selbst vorgegeben waren bzw. ein 'natürliches Verhalten' der Stoffe zum Ausdruck brachten, welches 'künstlich' (d. h. mechanisch) nur bedingt - oder zumindest nicht nachhaltig - verändert werden konnte⁹⁷.

Dieser Begriff der chemischen Gesetze hing zum Teil vom zeitgenössischen Entwicklungsstand der Chemie ab. Die Möglichkeit der Beeinflussung chemischer Reaktionen durch mechanischen Druck - und das hieße im Verständnis **Bischofs**: die Möglichkeit einer 'künstlichen' Veränderung 'natürlicher' chemischer Vorgänge - wurde bis 1850 von kaum einem Chemiker diskutiert⁹⁸. Noch 1848

97. Vor allem sind die chemischen Verwandtschaften als eigene Gesetze anzusehen, die nur bedingt auf physikalische Gesetze zurückführbar sind. In diesem Sinne unterschied etwa 1845 auch A. von Humboldt sehr deutlich zwischen der "Naturlehre (Physik)" und der "Chemie": Die erstere sei die "allgemeine Betrachtung der Materie, der Kräfte und der Bewegung", die zweite dagegen die "Betrachtung der verschiedenen Stoffe, ihrer stöchiologischen Heterogenität, ihrer Verbindungen und Mischungsveränderungen nach eigenen, nicht durch bloße Massen-Verhältnisse erklärbaren Ziehkräften". Vgl. Humboldt (1845-1862) I, S. 56 (Herv. B. F.).

98. Es war erst der Nachweis der Abhängigkeit des Schmelzpunktes vom Druck (vgl. W. Thomson, 1850; J. Thomson, 1850), der hier eine Wende einleitete, und erst mit den Lösungsgesetzen J. H. van't Hoff's bzw. der Phasenregel J. W. Gibbs' wurde der Druck wirklich zum - neben der Wärme - 'gleichberechtigten Agens' in chemischen Reaktionen. Von geowissenschaftlicher Seite war es dann zuerst H. C. Sorby, der eine direkte Beziehung zwischen mechanischen und chemischen Kräften postulierte. Vgl. Sorby (1863).

schrieb etwa **R. Bunsen** (1811-1899), daß wohl nicht leicht ein Beispiel zu finden sei, welches "auf eine unmittelbare Beziehung der Verwandtschaftskräfte einer Flüssigkeit und dem auf ihr lastenden Drucke deutete"⁹⁹. Erst zwei Jahre später hat er dann dem Druck (welcher die Schmelz- bzw. Erstarrungspunkte der Körper verändern könne) einen zumindest vermittelnden Einfluß nicht nur auf die "Reihenfolge der Ausscheidungen" in den "plutonischen Gesteinen", sondern auch auf deren "chemische Natur" bzw. "chemische Constitution" zugestanden¹⁰⁰. In seiner berühmten Arbeit *Ueber die Bildung des Granites* erschien dieser dann allerdings wiederum nur an untergeordneter Stelle. Der Erstarrungspunkt einer chemisch reinen Verbindung hänge "allein von ihrer stofflichen Natur und dem Drucke ab", derjenige eines mit anderen Substanzen in Lösung befindlichen Körpers werde aber "ausserdem noch und zwar hauptsächlich von dem relativen Verhältniss der sich gelöst haltenden Substanzen" bestimmt¹⁰¹.

Bischof befand sich also durchaus im Einklang mit der Chemie seiner Zeit. Allerdings wäre es eben eine verkürzte Interpretation der Konzeption seiner chemischen Geologie, wenn man diese allein aus dem zeitgenössischen Entwicklungsstand der

99. Vgl. Bunsen (1848), S. 80; vgl. auch S. 83f. (Herv. orig.). In ähnlicher Weise wollte 1844 auch C. F. Schönbein den mechanischen Wirkungen nur einen mittelbaren Einfluß zugestehen. "Mechanische Molecülarveränderungen", so stellte er im Zusammenhang mit seinen Untersuchungen zum "Verhältnis des Stromes zum Chemismus" fest, könnten in einem Körper das "elektrische Gleichgewicht" stören und so zumindest mittelbar Ursache von chemischen Veränderungen werden. Vgl. Schönbein (1844), S. 82-5, hier S. 84. Und 1854 schrieb Schönbein ganz analog, daß "eine mechanische Betrachtung der chemischen Erscheinungen" zwar "unserer Einbildungskraft" zusage; ob allerdings "diesen Vorstellungen die Wirklichkeit entspreche, ob sie auch nur wahrscheinlich seien", dies sei doch "eine andere Frage". Vgl. Schönbein (1854), S. 4. Ein weiteres Beispiel gaben H. Buff, H. Kopp und F. Zamminer in ihrem "Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie". Bei den Gründen für die Zersetzung von Verbindungen werden auch "mechanische Einwirkungen" genannt, welche dabei aber nur 'Auslöser' der eigentlichen chemischen Reaktion (etwa durch "Freiwerdenlassen eines die Zersetzung bedingenden Agens") sind. (Direkte Ursachen chemischer Reaktionen wären etwa Wärme, Elektrizität oder Licht.) Vgl. Buff/Kopp/Zamminer (1857), S. 590. Und nicht zuletzt wäre hier auch an A. von Humboldt zu denken, der "Elektrizität, Wärme und eine Contact-Substanz" als diejenigen "Kräfte" benannte, welche die "chemische Verwandtschaft" modifizieren könnten (nicht aber eben mechanische Kräfte). Vgl. Humboldt (1845-1862) I, S. 56f.

100. Vgl. Bunsen (1850), S. 567.

101. Vgl. Bunsen (1861), S. 61.

Chemie erklären wollte. Was diese letztlich als eine "physische Chemie" der Erde konstituierte, ist der ihr zugrunde liegende aristotelische Natur- bzw. Wissenschaftsbegriff. Die 'Natur', die **Bischof** untersuchte, war die sichtbare Natur, wobei sein Interesse eben nicht den (scheinbar) zufälligen, unter bestimmten Bedingungen auch möglichen Wirkungen der Natur galt, sondern - ebenso wie das der aristotelischen *episteme* - den 'gewöhnlichen', entweder mit Notwendigkeit oder aber 'meistenteils' zu beobachtenden Wirkungen der Natur (vgl. o. Anm. 87). Was **Bischof** an den Hypothesen der Plutonisten auszusetzen hatte, sind nicht allein die Widersprüche zu den physikalischen und chemischen Gesetzen, sondern vor allem deren 'Absurdität', d. h. die Tatsache, daß diese vielfach den 'gewöhnlichen' Wirkungen der Natur - oder einfacher ausgedrückt: dem 'gesunden Menschenverstand' - zu widersprechen schienen. Ein Beispiel hierfür bietet wieder seine Kritik an der plutonischen Metamorphose:

"Das Emporsteigenlassen von feuerflüssigen Massen da, wo man es braucht, das Bratenlassen von sedimentären Gesteinen durch feuerflüssige Massen in Entfernungen von Tausenden von Füssen, sind zwar auch Anschauungen, aber nur Anschauungen unklarer Köpfe, mehr geeignet für ideale Philosophen, als für reale Naturforscher. Selbst die äußere Anschauung sollte der innern weichen müssen; denn dieselben Geognosten, welche offenherzig gestehen, daß sich häufig bei unmittelbarer Berührung feuerflüssiger Massen mit sedimentären Gesteinen keine Veränderungen zeigen, werden ein andermal vollkommen zufrieden gestellt, wenn sie, ein metamorphosirtes Gestein verlassend, nach einer mühevollen Wanderung über Berg und Thal, das plutonische finden, welches, gleichwie ein elektromagnetischer Telegraph, die Gedanken spedirt, so die Hitze bis zu weiter Entfernung spedirt haben soll"¹⁰².

Es waren also nicht allein die Widersprüche zu den chemischen Gesetzen, die **Bischof** die plutonische Metamorphose ablehnen ließen, sondern vielmehr deren zum Teil 'absurde', für den 'gesunden Menschenverstand' kaum nachvollziehbare Konsequenzen. Ein besonders markantes Beispiel für diese

¹⁰². Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 891 (Herv. B. F.); vgl. auch Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 14f. An anderer Stelle verwies Bischof auf das Werk eines "englischen Geognosten", welcher von einem "metamorphischen Gesteine" berichtet habe, dessen Metamorphose einem benachbarten Basalte zugeschrieben wurde. Dieser Basalt sei nun allerdings, wie einem Blick auf die Karte zu entnehmen sei, "fast eine Meile von jenem Gesteine entfernt". Wie man "solche Wirkungen der Wärme mit den Gesetzen ihrer Verbreitung im Raume in Uebereinstimmung bringen will, vermögen wir in der That nicht einzusehen". Vgl. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 351f.; vgl. auch oben Anm. 56.

konstitutive Bedeutung der 'gewöhnlichen' Wirkungen der Natur in **Bischofs** "physischer Chemie" der Erde stellt das sogenannte Granitproblem dar¹⁰³, die Tatsache nämlich, daß - eine magmatische Entstehung der kristallinen Gesteine vorausgesetzt - die Ausscheidungsfolge der Mineralien ihren Schmelzpunkten entsprechen müßte, was nun aber häufig nicht der Fall ist. Als ein konkretes Beispiel nannte **Bischof** den Syenit, bei dem die Bildungsfolge der Mineralien offensichtlich nicht die ihrer Schmelzbarkeit sei:

"Im äußerst strengflüssigen Quarz die viel leichter schmelzbaren Feldspath- und Hornblende-Krystalle abgeformt zu finden, und ihn für eine Bildung auf feuerflüssigem Wege auszugeben heißt so viel, als wenn man glauben zu machen versuchte, eine gothische Kirche mit allen ihren Spitzbögen und Ornamenten auf einer Gußeisen-Tafel sei in einer bleiernen Form abgegossen worden. Man würde eine solche Zumuthung für eine Invective der gesunden Vernunft halten, und doch muthen ihr die Ultraplutonisten ganz dasselbe zu. Diese Absurdität war eines der ersten Motive, das mich zum Abfall von den ultraplutonistischen Phantasien bewog"¹⁰⁴.

Daß dies tatsächlich ein wesentliches Problem für die Plutonisten war, auf welches sie keine wirkliche Antwort zu geben im Stande waren - außer eben der, daß dies keineswegs immer so sei, d. h. daß sich hier durchaus Gegenbeispiele finden ließen - machte etwa **G. Rose** in einem Brief an **Humboldt** deutlich. Letzterer hatte **Bischofs** Beispiel in seinem Kosmos angeführt und **Rose** um einen Stellungnahme gebeten, welche er dann ebenfalls in sein Werk aufgenommen hat.

Rose wandte sich zunächst überhaupt gegen **Bischofs** Vergleich zwischen der Schmelzbarkeit des Quarzes oder des Feldspats und der von Gußeisen und Blei, da es sich hier um ganz verschiedene Stoffe handle. Und dann sei es ja wohl zuerst nötig, zu untersuchen, "ob denn der Quarz in dem Granite stets die Eindrücke des Feldspaths annehme?" Dies sei aber keineswegs immer der Fall. Im Gegenteil, die Granite mancher Gegenden seien gerade dadurch ausgezeichnet, "daß der Quarz vorzugsweise in dem Feldspath krystallisirt" sei (wie z. B. der Granit des Brockens und überhaupt des ganzen Harzes, u. v. a.):

"Es kommt also das eine wie das andre vor; und wenn man die Bruchfläche eines derben Granites untersucht, so sieht man sogar, daß es die Regel ist, daß der Quarz nicht die Eindrücke des Feldspaths annimmt. - Wenn man die Annahme der Entstehung des Granits aus einer geschmolzenen Masse verwirft, so weiß

103. Vgl. hierzu auch B. Fritscher (1991a), S. 158-183.

104. Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 924 (Herv. orig.).

ich nicht, was man dafür an die Stelle setzen will; denn ich kenne kein Gemenge so verschiedener Substanzen wie der Granit, von dem es entschieden wäre, daß es auf nassem Wege gebildet sei: dagegen man ähnliche Bildungen auf trockenem Wege sehr gut kennt"¹⁰⁵.

Solche analogen Bildungen sah **Rose** in den Laven, welche oft dem Granit "ganz ähnliche Gemenge" darstellten. Wenn sie auch aus "andren Gemengtheilen" bestünden und sich in der Korngröße oft sehr vom Granit unterschieden, so seien dies doch Unterschiede, "welche die Form und Natur der Gemengtheile betreffen"; die "Art des Gemenges" sei allerdings "bei beiden dieselbe"¹⁰⁶. Ferner zeigten sich Dünnschliffe von Vesuv-Laven unter dem Mikroskop als "ein Gemenge von größeren und kleineren, aber von lauter Kristallen", worunter auch einige zu finden seien, welche (wie etwa der Leucit) "für sich allein ganz unschmelzbar sind"¹⁰⁷.

Roses Argumentationsstrategie ging also dahin, zu zeigen, daß die Annahme einer magmatischen Entstehung des Granits keineswegs so "absurd" sei, wie **Bischof** dies behauptet hatte. Er verwies auf entsprechende Analogien zu 'ganz gewöhnlichen' rezenten Magmatiten, und er versuchte nachzuweisen, daß die von **Bischof** postulierte Kristallisationsfolge im Granit durchaus nicht immer zu beobachten sei. Wenn er dabei auch noch darauf verwies, daß der Schmelzpunkt des Granits im ganzen ein anderer sei als der seiner einzelnen Bestandteile¹⁰⁸, die Schmelzpunkte der letzteren also hinsichtlich der Kristallisationsfolge nur bedingt aussagefähig seien, so mag dies aus heutiger Sicht durchaus einsichtig sein. Für **Bischof** allerdings waren dies bestenfalls Hilfshypothesen, die eine an sich falsche Auffassung stützen sollten. Als Chemiker war es ihm durchaus bekannt, daß für sich allein schwer- bzw. unschmelzbare Mineralien mittels Zuschlägen geschmolzen werden könnten. Allerdings blieb ihm ein solches Verfahren letztlich ein 'Kunstgriff', welcher über das natürliche Verhalten der Mineralien kaum etwas aussagen konnte. Und vor allem mußte dann ja angenommen werden, daß in der Natur gewissermaßen immer der 'richtige Zuschlag' zur Verfügung stand, 2. um die entsprechenden (von der Theorie geforderten) Wirkungen zu erzeugen, und dies konnte **Bischof** nur willkürlich erscheinen.

105. G. Rose an Humboldt; abgedruckt in Humboldt, Kosmos V (1862), S. 94f. Anm. 44.

106. Vgl. ebd. (Herv. B. F.).

107. Vgl. ebd. (Herv. B. F.).

108. Vgl. G. Rose an Humboldt; abgedruckt in Humboldt, Kosmos V (1862), S. 94-6 Anm. 44.

Eine Möglichkeit, solche 'Absurditäten' in der Geologie zu vermeiden, sah **Bischof** u. a. in dem bereits angesprochenen, auf die romantisch-idealistische Naturphilosophie verweisenden Vergleich der (chemischen) Vorgänge im Mineralreiche mit "ähnlichen und bekannten Vorgängen im organischen Reiche"¹⁰⁹. Auf diese wissenschaftshistorischen Wurzeln der **Bischofschen** "physischen Chemie" wird auch noch einzugehen sein (vgl. Kap. 3. 3.).

An dieser Stelle soll jetzt nur ein Gedanke angesprochen werden, welcher nicht nur der **Bischofschen** chemischen Geologie, sondern auch der des 18. Jahrhunderts sowie nicht zuletzt der romantisch-idealistischen Erdwissenschaft zugrunde lag. Dies ist die Idee, daß die Art und Weise der Entstehung der Gesteine aus deren chemischer und mineralogischer Beschaffenheit gewissermaßen 'direkt ablesbar' sei, d. h. daß zwischen der stofflichen Beschaffenheit der Gesteine und ihrer Entstehungsweise ein ursächlicher - und letztlich notwendiger - Zusammenhang besteht. Von Seiten der Chemiker und Mineralogen des 18. Jahrhunderts hat vor allem **J. G. Wallerius** diesen (den Mineralsystemen seit **Avicenna** zumindest implizit zugrunde liegenden) Gedanken ausgearbeitet, und **A. G. Werner** hat auf dieser Grundlage, in Gestalt seiner *Geognosie*, ein 'physisches System der Erde' entworfen. Daß der "Wasser-Erd-Ball und alle in demselben befindliche mineralische Körper ehemals flüssig gewesen sind, und ihren Ursprung dem Wasser zu verdanken haben", wird nach **Wallerius** zum einen durch die "sphäroidische Figur" der Erde sowie die in den Gesteinen häufig enthaltenen Versteinerungen bewiesen. Vor allem aber seien es die Bestandteile der Gebirge (Granit, Porphyr usw.) selbst, welche einen solchen Ursprung anzeigten. Diese bestünden aus "kleinen Steinen, oder Steinteilchen", und zwar in einer Verbindung, welche "nach den bekannten Natur-Gesetzen" nur so zu erklären sei, daß diese, bevor sie sich verbunden hätten, flüssig gewesen sein mußten. Und schließlich zeigten auch die "Kristallisationen der mehresten Kalk- Kiesel- Quarz und anderer Steine, daß sie ihren "Ursprung aus einer flüssigen Materie gehabt haben"¹¹⁰. In genauer Übereinstimmung damit sah **Werner** die Bildung des "feste(n) Erdkörper(s) ... aus naßer Auflösung durch Niederschlag" zum

109. Vgl. Bischof, Lehrbuch II/2 (1855), S. 891.

110. Vgl. Wallerius (1782), S. 161-4 & 166f.

einen durch seine "Form" (die "späroidische Gestalt") und vor allem durch die "Gesteine bestehend aus Quarz, Feldspath, Glimmer, Kalkstein, Hornblende, Gips, Sandstein" u. a. belegt. Hinzu kam dann bei **Werner** - neben der bei **Wallerius** zwar nicht genannten, für die Zeit aber nicht ungewöhnlichen "Schichtung" - vor allem die Lagerung der Gesteine¹¹¹. **Werner** verband gewissermaßen die 'physische', d. h. von der Natur selbst vorgegebene Entstehungsabfolge der Gesteine mit den Beweisen, wie sie **Wallerius'** "physische Chemie"¹¹² für deren neptunistische Entstehung der Gesteine gegeben hatte, und schuf so ein "physisches System" der Erde¹¹³.

Zusammenfassend läßt sich also **C. G. Bischofs** "physische Chemie der Erde", die im wesentlichen in den 30-er und 40-er Jahren des 19. Jahrhunderts entstand, als ein gemeinsames Produkt des zeitgenössischen Entwicklungsstandes der Chemie und der in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts an den preußischen Hochschulen vorherrschenden romantisch-idealistischen Naturforschung verstehen. Die neuen Entwicklungen der Physik, insbesondere der Wärmelehre (vgl. o. Anm. 98), und der Chemie, wie sie ab 1850 einsetzten, hatten bei ihm noch keinen

111. Vgl. Werner: Handschriftlicher Nachlaß, Bd. 6, Geognosie VI, Bl. 307; hier zit. nach Güntau (1967), S. 112.

112. Der Begriff bzw. der Gegenstand und die historischen Wurzeln dieser "physischen Chemie", wie sie sich etwa bei **Wallerius** selbst 1772 dargelegt finden, können hier nicht im einzelnen diskutiert werden. Es sei nur angemerkt, daß diese "physische Chemie" noch kaum als '(moderne) physikalische Chemie' aufgefaßt werden kann. Und dies bezieht sich jetzt nicht darauf, daß etwa deren instrumentelle Voraussetzungen nicht mit denen der Chemie des ausgehenden 19. Jahrhunderts vergleichbar waren. Vielmehr resultiert dies vor allem daraus, daß der Gegenstand dieser "physischen Chemie" nach wie vor die (aristotelische) "physis" der Körper war. Zwar wird bei **Wallerius** durchaus ganz explizit die "Zusammenfügung" der (durch die Analyse) "voneinander abgesonderten Theile" zu "Cörpern", welche "den natürlichen entweder ähnlich oder unähnlich sind", als die (neben der Analyse) wesentliche Arbeitsmethode der Chemie genannt. Aber das Ziel dieser Methode ist nur die Erkenntnis, wie die "natürlichen Körper", sowol zu zerlegen, als wieder hervorzubringen, desgleichen welchen Veränderungen sie unterworfen sind, und was sich sonst noch von ihnen erkennen läßt". Vgl. Wallerius (1772), S. 1f. (Herv. B. F.).

113. Vgl. hierzu (und auch zu den Parallelen dieses "physischen Systems" zu Kants 1775 entworfener Konzeption einer "Naturgeschichte") etwa B. Fritscher: Ein "physisches System" der Erde. Zur Bedeutung der Geognosie A. G. Werners für die Entwicklung einer chemischen Geologie. In: Festschrift für Otfried Wagenbreth. Freiberg 1997 (im Druck). n

Niederschlag gefunden (auch nicht in der zweiten Auflage des *Lehrbuchs*, die ab 1863 erschien und die eher eine Ergänzung und Weiterführung der ersten Auflage war, als eine kritische Neufassung).

Das eigentlich konstitutive Element seiner chemischen Geologie war ein klassischer - letztlich antiker - Naturbegriff gewesen. Dieser implizierte die Beschränkung auf das 'natürliche chemische Verhalten der Stoffe' unter 'normalen', d. h. in der sichtbaren Natur realisierten Bedingungen. In diesem Sinne stand **Bischof** mit seinem Werk am "Ende der Antike". Jener Naturbegriff selbst war nun allerdings vor allem auch 'lebensweltlich' konstituiert. Die Auflösung der Grundlagen der chemischen Geologie **Bischofs** - gleichermaßen bedingt durch die neuen Entwicklungen der Physik und Chemie ab 1850 sowie durch die politische Entwicklung im Deutschland nach 1848 - mußte also zugleich die Auflösung der lebensweltlichen Grundlagen einer Wissenskulturskultur bedeuten, für welche **Bischofs** "physische Chemie der Erde" stand. Zwei Versuche, diese Lebenswelt für die Moderne zu retten, sind der Gegenstand des folgenden Kapitels.

3.2. Am Vorabend der Moderne: Chemische Geologie bei F. Mohr und T. S. Hunt

Bischofs chemische Geologie hatte für das Deutschland von vor 1848 gestanden. Dies gilt hinsichtlich ihrer Wurzeln in der romantisch-idealistischen Naturphilosophie, und es gilt hinsichtlich **Bischofs** Schwierigkeiten mit der - von **J. A. F. Eichhorn** (1779-1856) ab 1840 betriebenen - konservativen preußischen Kulturpolitik, wie er sie im Brief an **Humboldt** beklagt hatte (vgl. Kap. B. 3. 1. Anm. 43). Mit dem Amtsantritt des Prinzregenten **Wilhelm** im Jahr 1858 begann in Preußen die sogenannte liberale Neue Ära: Erstmals seit 1849 gab es wieder freie Wahlen, und der neue Landtag wurde ganz von den verschiedenen Strömungen des Liberalismus beherrscht. Aber dies war nicht mehr der idealistische Liberalismus der Revolutionsjahre 1848/49, es war ein 'realistischer (moderner) Liberalismus'. Hatten noch in den 50-Jahren Beamten, Bürger und Adlige die Vorherrschaft im Landtag gehabt, so waren es Anfang der 60-er Jahre schon Industrielle, Bankiers und Universitätsprofessoren. 1861 wurde der Prinzregent als **Wilhelm I.** König von Preußen, im gleichen Jahr wurde die bürgerliche Deutsche Fortschrittspartei (mit **Theodor Mommsen**, **Werner von Siemens** und **Rudolf Virchow**) gegründet, die erste organisierte deutsche Partei im modernen Wortsinn. Ein Jahr später übernahm **Bismarck** das Amt des Preußischen Ministerpräsidenten. Und vor allem **Bismarck** stand nun für einen 'Realismus', der den Idealen von Freiheit, Gleichheit und Brüderlichkeit die Realität von Blut und Eisen entgegensetzte und die 'Achtundvierziger' in dem an den Schulen gelehrtten offiziellen Geschichtsbild mehr und mehr als 'naive Träumer' erschienen ließ¹.

Ein 'neuer Realismus' machte sich auch in der Entwicklung der chemischen Geologie ab 1860 geltend. Er manifestierte sich äußerlich in der Herausbildung der neuen (mikroskopischen) Petrographie, wie sie vor allem **Bischofs** ehemaliger Schüler **F. Zirkel** (1838-1912), angeregt durch **H. C. Sorby**, seit dem Beginn der 60-er Jahre zu entwickeln begann und damit eine neue Kultur

1. Vgl. etwa Rovan (1995), hier vor allem S. 449-66. Vgl. hierzu auch Kap. B. 1. 2.

der Geowissenschaften begründete². Zu seinen wesentlichen Mitstreitern hierbei gehörten **H. Vogelsang** und **Groths** Straßburger Kollege **H. Rosenbusch** (1836-1914)³. Was diese neue Kultur der Geowissenschaft von der **Bischofschen** chemischen Geologie unterschied, war vor allem, daß in ihr die Chemie - und damit im Verständnis **Bischofs**: die 'stoffliche Natur' der Gesteine - vorläufig nur mehr ein untergeordnete Rolle spielte: ausschlaggebend waren für **Zirkel** und **Rosenbusch** vielmehr die mineralogischen und geologischen (d. h. genetischen) Merkmale der Gesteine. Ebenfalls vorwiegend petrographisch orientiert waren die Arbeiten von **J. L. A. Roth** (1818-1892), der von 1849 bis 1866 Sekretär der Deutschen Geologischen Gesellschaft gewesen war und 1867 Professor für Geologie und Petrographie in Berlin wurde. Zwar folgte **Roths** dreibändige, zwischen 1879 und 1893 erschienene *Allgemeine und chemische Geologie* in ihrem enzyklopädischen Charakter und in dem großen Gewicht, welches dabei auf die Behandlung von Verwitterungs- und Umbildungsprozessen - also die Metamorphose - im Mineralreich gelegt wurde, durchaus noch **Bischofschen** Leitlinien; und seine frühen Werke, so vor allem seine erste größere Abhandlung über *Die Kugelformen im Mineralreich* (1844), zeigten ebenfalls noch deutlich romantisch-idealistische Spuren. Seine eigentliche Aufgabe sah **Roth** aber in einer deutlich pragmatischeren Zielsetzung, nämlich der möglichst vollständigen Erfassung der chemischen Analysen von Gesteinen⁴.

Während so auf der einen Seite sich eine neue Kultur der Geowissenschaften zu etablieren begann, fand doch auf der anderen Seite auch **Bischofs** physische Chemie der Erde ihre Fortsetzung. Ebenso wie in der politischen Welt der neue **Bismarcksche** Realismus und Pragmatismus nicht das Ende der alten idealistischen Vorstellungen von einem liberalen, geeinten (Groß)Deutschen Reich bedeutete, sondern sich vielmehr von da an gewissermaßen 'Realismus' und 'Idealismus' in einer eigenartigen Symbiose gegenüberstanden, bedeuteten auch die neuen Entwicklungen der Physik und Chemie keineswegs das Ende der idealistischen Vorstellung von einer 'auf die Natur selbst' gegründeten Chemie der Erde.

Das Musterbeispiel hierfür stellen die Arbeiten des Koblenzer Apothekers und späteren (ab 1867) Professors der

2. Vgl. etwa Zirkel (1866; 1873).

3. Vgl. Vogelsang (1867); Rosenbusch (1873; 1877).

4. Vgl. etwa Roth (1874).

Pharmazie in Bonn, **Friedrich Mohr** (1806-1879), dar. **Mohr**, vor allem bekannt durch seine Arbeiten zur chemischen Analyse und die Entwicklung der sogenannten *Mohrschen Waage* zur Bestimmung des spezifischen Gewichts von Flüssigkeiten, erscheint (gegenüber **Bischof**) als der deutlich 'modernere Geochemiker' insofern, als er die Einheit mechanischer und chemischer Kräfte annahm: Er hatte bereits 1837 von der Einheit der Kräfte gesprochen und 1868 entwarf er eine *Mechanische Theorie der chemischen Affinität*⁵. (Die Trennung von mechanischen und chemischen Wirkungen war ja für **Bischofs** chemische Geologie konstitutiv gewesen.) Trotzdem gelangte **Mohr** dann zu weitgehend identischen Ergebnissen wie **Bischof**, d. h. auch seine Geologie, wie er sie 1866 in seiner *Geschichte der Erde* dargelegt hat, ist eine neptunistische geblieben. Und in dieser Gegensätzlichkeit treten dann bei **Mohr** implizit die eigentlichen kulturgeschichtlichen - oder besser gesagt: 'lebensweltlichen' - Grundlagen jener Wissenskulturs einer "physischen Chemie der Erde" sehr viel deutlicher zutage als bei **Bischof** selbst.

Erklärtes Ziel der *Geschichte der Erde* war es, die Geologie auf eine "neue Grundlage" zu stellen, und diese Grundlage sollte im "Zurückgehen auf die Natur selbst und die feststehenden Lehren der Physik und Chemie" bestehen. Den Plutonisten warf er vor, sie hätten "zu der eigentlichen Chemie noch eine geologische geschaffen, worin den Stoffen ganz andere Eigenschaften, wie in der gemeinen Chemie, beigelegt wurden". In der "geologischen Chemie" habe man "feuerbeständige Stoffe sich verflüchtigen" oder aus "zähflüssigen dicklichen Geschmelzen klare durchsichtige Kristalle entstehen" lassen, man habe "Oxyde sich von ihren Säuren durch das bloße Erkalten ausscheiden" lassen oder "kohlen-saure und kieselsaure Verbindungen ohne Zersetzung einschmelzen"; man ließ "spezifisch schwerere Körper in den leichteren schwimmen" und "schmelzflüssige Stoffe in gangartigen Hohlräumen erstarren, ohne daß sie sich zusammenzogen" usw., lauter Erscheinungen also, "wovon man in der gemeinen Chemie

5. Mohr hat bisher von Seiten der Wissenschaftshistoriker auffallend wenig Interesse gefunden. Abgesehen von dem 1904 von G. W. F. Kahlbaum herausgegebenen Briefwechsel mit J. von Liebig liegen bis heute keine umfangreicheren Arbeiten zu seinem Leben und Werk vor. Vgl. Liebig/Mohr (1904). Auch etwa bei Elkana (1975) ist Mohr nicht erwähnt.

nichts wußte"⁶. **Mohrs** Ziel war es deswegen, durch die "Anwendung der exakten Wissenschaften ... alle diese unnatürlichen Auswüchse wieder abzuschneiden", ohne dabei allerdings eine 'Vorherrschaft' der chemischen bzw. experimentellen Ergebnisse über die 'bloße Beobachtung' zu postulieren: Für ihn waren die "durch bloße Anschauung" gewonnenen Resultate über die "Herausbildung der Welt" denen gleichwertig, die er "durch die experimentale Verfolgung desselben Gegenstandes auf einem andern Wege" erhalten hat⁷.

Alle diese konkreten Gründe fanden sich in mehr oder weniger identischer Form auch bei **Bischof**. Und sie waren letztlich auch nur der äußere Vorwand, eine solche "neue Grundlage" der Geologie zu schaffen. Der eigentliche Hintergrund der **Mohrschen** Kritik an der seiner Ansicht nach 'unnatürlichen' "geologischen Chemie" war vielmehr - wie dies auch schon bei **Bischof** angeklungen war - ein 'Unbehagen' an der Unanschaulichkeit der neuen Geologie bzw. der daraus resultierenden "Trennung der Wissenschaft vom Leben". Mancher ^L Teile derselben seien längst "den Laien unzugänglich" geworden, "und hinter den großen Vorhang hatten nur die hohen Priester der Wissenschaft Zutritt, indem sich die Masse damit beruhigte, daß hinter diesem Vorhange doch etwas sein müsse"⁸. L-8

Demgegenüber gehe "das Streben der neuen Welt auf Vereinfachung der Wissenschaft, auf allgemeine Verbreitung derselben unter alle Völker und Volksteile"⁹. Dazu seien allerdings die "sogenannten Fachgelehrten" am allerwenigsten in der Lage: beschränkt auf ein enges Fachwissen bei gleichzeitiger Geringschätzung aller 'Laien' bzw. nicht zu ihrem Fache

6. Vgl. Mohr (1866a) iii (Herv. B. F.). In diesem Sinne will Mohr dann auch nur die neptunistische Entstehung der Gesteine als "natürliche" Entstehungsweise gelten lassen. Die vulkanischen Gesteine sind aus diesen mittels nachträglicher Veränderungen durch das Feuer entstanden, befinden sich also nicht mehr in ihren natürlichen (d. h. ursprünglichen) Zustand. Dementsprechend unterscheidet er zwischen "natürlichen und vulkanischen Gesteinen". Vgl. Mohr (1866a), S. 237; vgl. auch S. 23. Ein Beispiel für diese Unterscheidung, bezogen auf die Silikate, gibt Mohr auf S. 355-7.

7. Vgl. Mohr (1866a), S. iiif. (Herv. B. F.). Dabei ist auch zu bemerken, daß Mohr nicht den Anspruch erhob, neue Entdeckungen gemacht zu haben. Vielmehr seien in den "Akten der Wissenschaft" bereits "eine Menge von Tatsachen niedergelegt", die "absolut nicht mit dem plutonistischen System in Einklang gebracht werden konnten", welche er also lediglich "wieder entdeckt" habe. Vgl. Mohr (1866), S. vi.

8. Vgl. Mohr (1866a), S. viii.

9. Vgl. ebd.

Gehörigen, seien sie "zur freien Auffassung der Wahrheit und unbefangenen Beurtheilung der Gründe ... am wenigsten geeignet und berufen"¹⁰. Demnach würde seine Lehre wohl auch gerade bei den Fachgelehrten auf Kritik stoßen, was ihm nun allerdings aus den genannten Gründen wenig bedenklich scheint:

"Zuletzt wird doch nach dem Gewicht der Thatsachen und Gründe und nicht nach der Zahl der Stimmen entschieden"¹¹.

Bevor jetzt auf diesen impliziten Gehalt der **Mohrschen** Kritik weiter eingegangen wird, sei zunächst der Punkt behandelt, mit dem er sich inhaltlich von **Bischof** unterschied, eben sein Versuch einer mechanischen Theorie der chemische Affinität. **Mohrs** Ziel war es, die "ausnahmsvolle Stellung der chemischen Affinität auf die allgemeine Grundkraft der Bewegung" bzw. auf die "allgemeinen Grundsätze der Mechanik oder Kraftlehre" - und das heißt: "auf die Lehre von der Erhaltung der Kraft" - zurückzuführen. Dies war ihm der zentrale Teil einer "theoretischen Chemie", deren Aufgabe die "Erklärung der gleichartigen Vorgänge, der Verbrennung, der Salzbildung" usw. ist. Dem gegenüber steht die "thatsächliche Chemie", welche die "Summe der gewonnenen Resultate" in "passender Anordnung" aufzuspeichern und für den "Gebrauch" bereitzulegen habe (wobei **Mohr** dann auch betonte, daß letztere den Ausgangspunkt zu bilden habe)¹².

In einer so bestimmten "theoretischen Chemie" sei natürlich - wenn die "Physik die Lehre von den Kräften" ist - eine Trennung von Chemie und Physik nicht durchführbar. Was man bisher "physikalische Chemie" genannt habe, bestehe nun allerdings "grösstentheils aus Thatsachen ohne Erklärung": etwa die bestimmten Farben der Flammen der Stoffe bzw. deren Brechung, die "spezifische Wärme" der Körper, das "Rechts- und Linksdrehen", die "Brechungsexponenten" usw. Ein besonders 'abschreckendes' Beispiel für die ('sinnlose') Vermehrung solcher Tatsachen ohne

10. Vgl. Mohr (1866a), S. ix.

11. Mohr (1866a), S. x.

12. Vgl. Mohr (1868), S. vf. Mohrs Forschungskonzeption entsprach so, zumindest im Ansatz, ganz derjenigen von H. von Helmholtz (1821-1894). Vgl. hierzu Meurers (1976), S. 43. Und es spricht einiges dafür, daß Helmholtz hierbei auch ein direkter Einfluß zukam. Dies wäre etwa das große Gewicht, welches bei Mohr die Lehre von der Erhaltung der Kraft hatte. Vor allem aber wirkte Helmholtz bekanntlich drei Jahre (1855-58) an der Universität Bonn, und sehr wahrscheinlich hat Mohr ihn dort auch persönlich kennen gelernt.

eigentliche Begründung waren ihm auch die zahllosen Versuche der organischen Chemie seiner Zeit zur Herstellung von Substitutionsprodukten bzw. Derivaten¹³.

Mohrs "Physik der chemischen Vereinigung" basierte auf zwei Grundgedanken. Der eine war das bereits genannte romantische Postulat von der Einheit der Kräfte. Die bekannten Kräfte: "Wärme, Licht, Magnetismus, Electrizität, Cohäsion, Chemismus, Gravitation", seien nur die "verschiedenen Aeusserungsformen" dieser Grundkraft, und sie seien deshalb auch ineinander umwandelbar¹⁴. In diesem Sinne bestimmte er dann die chemische Affinität als "eine besondere Form lebendiger Kraft, die dem wägbaren Substrat anhaftet"¹⁵. Die Umwandelbarkeit der einzelnen Kräfte ineinander erklärt **Mohrs** weitere Bestimmung der chemischen Affinität. Ihr Vorhandensein in einem Körper setze voraus, daß dieser bereits "die bei der chemischen Vereinigung auftretenden Kräfte, Wärme, Electrizität und Licht, in irgendeiner Form enthalte", da eine Kraft sonst nicht entstehen könnte. Und unter der zusätzlichen Voraussetzung, daß die "Arbeit der Wärme" jede Erscheinung sei, bei der die Wärme als solche (d. h. als fühlbare Qualität) verschwinde und in einer anderen ("durch das Thermometer nicht mehr anzeigbaren") Form auftritt, bestimmte **Mohr** das Verhältnis von Wärme und chemischer Affinität:

"Chemische Arbeit der Wärme ist diejenige, wo die Wärme als chemische Qualität dauernd bleibt; die chemische Affinität ist eine ausser Circulation gesetzte Wärme"¹⁶.

Etwas einfacher ausgedrückt besagt dies: Wärme und Affinität sind "zweierlei Bewegungen" der "Moleküle", wovon die eine, die Wärme, die "übertragbare Form der Bewegung" war, die andere, die Affinität, die "nicht übertragbare" Form; die erstere könne an andere Körper übertragen werden, die zweite "Jahrtausende in demselben Körper vorhanden sein" (wie eben z. B. der Schwefel immer brennbar bleibe, "wie lange er auch existiere"¹⁷.

13. Vgl. Mohr (1868), S. vif.

14. Vgl. Mohr (1868), S. 76.

15. Vgl. Mohr (1868), S. 77.

16. Ebd. Diese Beziehung der Affinität auf die Wärme bedingte, daß die bei der Vereinigung zweier Körper auftretende Wärme und Licht zugleich ein "Mass der chemischen Affinität" gelten konnten. Vgl. Mohr (1868), S. 74.

17. Vgl. Mohr (1868), S. 352f. Es sei auch angemerkt, daß Mohrs Theorie hier im einzelnen nicht ganz unwidersprüchlich ist. So wurde etwa die "Cohäsion" einerseits (neben der Wärme, dem Chemismus u. a.) als eine der "Aeusserungsformen" der allgemeinen Grundkraft der Bewegung dargestellt, andererseits erschien sie als "das Entgegengesetzte von Bewegung", womit sie der chemischen Affinität entgegengestellt wurde. Vgl. Mohr (1868), S. 76 & 79.

Vals

Der zweite Grundgedanke der **Mohrschen** Theorie - der jetzt auch zugleich maßgeblich ist für die Bestimmung des Verhältnisses seines Denkens zur 'Moderne' - war der einer "scharfen Trennung von Kraft und Stoff". Zwar seien beide notwendig verbunden: Wir könnten uns weder eine Kraft ohne ein "materielles Substrat" denken, noch einen Stoff, "ohne daß ihm eine Summe von Kräften" anhänge. Und diese Kräfte wurden, wie eben besprochen, als ineinander umwandelbar gedacht. Allerdings könne die "Vis viva" dabei doch "niemals aufhören, Bewegung zu sein"¹⁸. Bei alledem müßten wir also auf jeden Fall immer festhalten,

"dass Kraft niemals ihre innerste Natur verlieren kann, nämlich die der Bewegung. Kraft kann niemals in Stoff, und umgekehrt dieser nie in Kraft übergehen"¹⁹.

Stoff und Kraft nahm **Mohr** als ursprünglich gegeben an. Sie hätten "den Grund ihres Bestehens in sich selbst". Und von einem solchen letzten Grund könne man keinen Grund angeben, "weil er sonst nicht der letzte wäre"²⁰. Es bedarf keiner weiteren Begründung, daß **Mohr** sich hier als Vertreter einer klassischen - und hier kann man sagen: aristotelischen - Naturkonzeption erweist. Trotz des (scheinbar) modernen Postulats von der Einheit der Kräfte und dem (ebenfalls modern anmutenden) Versuch, die chemische Affinität mechanisch zu erklären, blieb seine Theorie doch ganz der aristotelischen Unterscheidung von Stoff und Form verhaftet²¹. Was eine 'mechanistische Auflösung' der 'Natur der

18. Vgl. Mohr (1868), S. 350 & 352. Ein weiteres Beispiel für eine solche Trennung von Kraft und Stoff gibt etwa C. J. B. Karstens (1782-1853) in seiner "Philosophie der Chemie" (1843). Er spricht sich zwar ausdrücklich für die "dynamische Naturauffassung" aus, aber auch für ihn bleiben "Materie" und "bewegende Kraft" getrennt. Vgl. Karsten (1843), S. 10.

19. Mohr (1868), S. 351. Die "Vis viva" könne verschiedene Formen annehmen, sie könne aber niemals aufhören, Bewegung zu sein. Vgl. Mohr (1868), S. 352. Zum Vergleich sei hier an die Bestimmung des Verhältnisses von "Atomen" und "Kräften" erinnert, wie es nur zehn Jahre später der - im übrigen ebenfalls von C. G. Bischof beeinflusste - österreichische Mineraloge G. Tschermak formuliert hat. Tschermak wollte, mit Bezug auf G. T. Fechner und M. Faraday, die Atome nicht mehr als 'materielle Punkte' begreifen, sondern als "Kraftzentren" ohne "räumliche Ausdehnung"; eine solche räumliche Ausdehnung sei nur für das "Molekel" anzunehmen. Die Atome selbst seien dagegen "körperlos", seien "lebensvolle Geister". Vgl. Tschermak (1876), S. 26f. & 29; vgl. auch Kap. B. 2. 1. Anm. 69.

20. Vgl. Mohr (1866a), S. 5.

21. Als aristotelisch erweist sich seine Theorie nicht zuletzt auch in der Ablehnung eines absoluten Vakuums bzw. in der Ablehnung des Äthers. Zur Erklärung der geradlinigen Fortpflanzung von Licht und Wärme sowie zur Vermittlung der anderen Gravitationserscheinungen oder auch des Magnetismus sei ein "wägbares Substrat zwischen den Weltkörpern" erforderlich, denn durch "ein absolutes Vacuum" könne "keine Kraft

chemischen Kräfte' zu sein versprach, verstärkte eigentlich erst diese Trennung. **Mohrs** "Kräfte" blieben die aristotelischen (aktiven) Qualitäten, sie waren nicht die moderne Energie²² (vgl. auch Kap. B. 3. 3. und Teil C.). Mit seinem Versuch, die chemische Affinität mechanisch zu erklären, stand **Mohr** so in einer eigenartigen Weise zwischen Klassik und Moderne. Indem er die chemischen Kräfte nicht mehr - wie **Bischof** - als (nicht weiter begründbare) 'spezifische Naturwirkungen' erklärte, näherte **Mohr** sich dem Naturbegriff der Moderne. Andererseits blieb seine Forschungskonzeption eben letztlich, in dem eben angedeuteten Sinn, eine klassische²³. Vom Standpunkt des

hindurchwirken". Vgl. Mohr (1866a), S. 4. Dieses "wägbare Substrat" könne nur die (dabei allerdings wohl stark verdünnte) Luft sein, denn der "sogenannte Aether, ein Mittelding zwischen Kraft und Stoff, welcher zugleich beides und keines sein soll, ist nicht zu beweisen". Vgl. ebd.

22. Dies wird noch deutlicher in einem Nachtrag zu seiner "Mechanischen Theorie ...", welchen Mohr 1869 unter dem Titel "Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft, als Grundlage der Physik und Chemie" veröffentlicht hat. Dies ist vor allem eine Auseinandersetzung mit dem modernen Konzept der Energie, welche sich speziell auch gegen J. Tyndalls (1820-1893) Schrift "Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung" (1867) richtete. Als striktem Aristoteliker sind ihm dabei schon allein manche Begriffe in sich widersprüchlich, so vor allem die Unterscheidung zwischen "dynamischer" und "potentieller Energie", denn "dynamis" sei ja doch "potentia". Vgl. Mohr (1869), S. 5f. Gewissermaßen analog seiner Bestimmung des Verhältnisses von Kraft und Stoff (diese sind zwar notwendig verbunden, dabei aber nicht ineinander umwandelbar), versuchte er deshalb eine exaktere Bestimmung von Bewegung und Kraft zu geben. Vereinfacht ausgedrückt, standen Bewegung und Kraft bei Mohr in einem wechselseitigen Verhältnis von Ursache und Wirkung. Die "Kraft" sei die "Ursache der Bewegung", und die "Bewegung .. die Arbeit der Kraft"; die "Bewegung" sei ihrerseits "Ursache einer Kraft", und "Kraft .. die Arbeit einer Bewegung". Das hieß also, daß "Kraft und Bewegung .. in einander übergeführt" werden könnten, und die "Wirkung .. immer äquivalent der Ursache" sei. Vgl. Mohr (1869), S. 1f. Kraft und Bewegung waren also bei Mohr äquivalent, sie blieben aber wesensmäßig geschieden. Und zwar unterschieden sie sich darin, daß man die Bewegungen (Mohr unterschied Massenbewegung, Wärme/Licht, Strömende Elektrizität und Chemische Bewegung bzw. Affinität) ineinander überführen könnte, nicht aber die Kräfte selbst (Schwerkraft, Magnetismus, Spannungselektrizität, Cohäsion): "Man kann jede der fünf Bewegungen in die andere überführen, man kann aber keine Kraft in eine andere verwandeln. Die Bewegungen sind also identisch, die Kräfte nicht". Mohr (1869), S. 15f.

23. Letzteres gilt dann auch im Hinblick auf seine Zielsetzung, alles auf die Gesetze der Bewegung zurückzuführen. Hier stimmte er ja wesentlich mit H. von Helmholtz überein, welcher aus eben diesem Grund dann von J. Meurers gewissermaßen an das Ende der klassischen Naturforschung gestellt worden war. Vgl. Meurers (1976), S. 43. Vg. auch o. Anm. 12.

dialektischen Materialismus etwa entspräche **Mohrs** Position damit auch ganz derjenigen der zeitgenössischen bürgerlichen Philosophie, welche an der metaphysischen Trennung von Form und Inhalt bzw. einer Überbetonung der Form gegenüber dem Inhalt festhielt²⁴. **Mohr** hatte die klassische (bürgerliche) Forschungskonzeption gewissermaßen bis zu ihrer äußersten Möglichkeit erweitert, darüber hinaus konnte für ihn eine 'Wissenschaft von der Natur' nicht mehr gehen. 9.

Daß in diese Theorie **Mohrs** nun - im Sinne der eingangs formulierten Überlegungen - auch die politischen Diskussionen seiner Zeit eingeflossen sind, dies hat er zumindest an einer Stelle explizit angedeutet. Die o. g. Unterscheidung zwischen der Wärme als chemischer Arbeit und als chemischer Affinität hat **Mohr** nämlich in einem Nachtrag so formuliert:

"Chemische Arbeit ist festgelegte Wärme; freie Wärme ist flüssiggemachte chemische Affinität"²⁵.

Diese Aussage hat er explizit mit Bezug auf eine analoge Bestimmung des Verhältnisses von "Capital und Arbeit" durch einen Dr. **Braun** formuliert, welcher am 10. Oktober 1867 im Reichstag zu einem Antrag des (die **Bismarcksche** Politik unterstützenden) nationalliberalen Abgeordneten **E. Lasker** (1829-1884)²⁶ bemerkt habe:

"Das Capital und die Arbeit ergänzen einander; die Arbeit ist flüssiges Capital, und das Capital ist aufgespeicherte Arbeit"²⁷.

Auch in der Geologie tauchte der Gedanke der Arbeitsteilung auf. Beim Betrachten der Erde müßten wir jene "Theilung der Arbeit eintreten lassen, die jeder unentbehrlich fand, der eine zusammengesetzte Maschine, einen lebenden Organismus verstehen wollte. Erst lernte er die Theile der Maschine, des Körpers

24. Damit "fehlte" dann bei Mohr zwangsläufig - und auch damit stellte er sich der Moderne entgegen - "der Mensch in der natura naturans; es fehlt der gesamte Aspekt der die Natur fortsetzenden Arbeit und Geschichte; es fehlt erst recht ... der Charakter: unfertige Welt überhaupt." Vgl. Bloch (1963), S. 113.

25. Mohr (1868), S. 353.

26. Die Nationalliberale Partei war 1866 aus der Fortschrittspartei hervorgegangen und bildete zunächst (vor allem im Kulturkampf) die wesentliche 'bürgerlich-liberale Stütze' Bismarcks im Reichstag. Zum Zerwürfnis mit Bismarck kam es allerdings 1879 über dessen Schutzzollpolitik, die zur Abspaltung der linken Sezessionisten führte, denen sich 1881 auch Lasker anschloß.

27. Braun (1867), hier zit. nach Mohr (1868), S. 353.

einzelnen kennen, dann in ihrer Verbindung mit einander, zuletzt in Thätigkeit"²⁸.

Und in ganz ähnlicher Weise müßten wir, "um die Sprache der Erde zu verstehen, erst ihre Buchstaben kennen lernen, dann ihre Worte, dann den Sinn der ganzen Schrift"²⁹. Die Buchstaben, das seien die "wenigen Stoffe, aus welchen die grosse Masse der Gebirge gebaut ist", und **Mohr** unterschied sieben solcher Buchstaben: "Kieselerde, Thonerde, Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisenoxyde"³⁰. Die Worte, das sind dann die "einfachen Mineralien" (Feldspath, Augit, Hornblende, Glimmer usw.), welche sich zu Sätzen, den "Felsarten" (Granit, Basalt usw.) vereinigen. Zusammen ergibt sich so die "Sprache", die es zu verstehen gilt: die "in vollem Kreislauf begriffene Erde". Die "Geologie soll uns diese Sprache verstehen lehren. Sie ist die Physiologie der Erde, das höchste Ziel und die Blüte der ganzen Erdwissenschaft. Alle beschreibenden Disciplinen dienen ihr als Stoff und Unterlage, und sie verwendet sie nach Zweck und Bedürfniss"³¹.

Wenngleich diese kurzen Bemerkungen **Mohrs** jetzt wohlgerne nur als Hinweise verstanden werden sollten, wo eine Würdigung des impliziten politischen Gehalts der **Mohrschen** Theorie anzusetzen hätte, so zeigen sie doch, daß eben **Mohrs** Kritik an der Geologie seiner Zeit bzw. sein Versuch, dieser eine 'neue Grundlage' zu geben, nicht nur als die Kritik eines Chemikers an den (aus chemischer Sicht tatsächlich nicht unwidersprüchlichen) geologischen Hypothesen seiner Zeit gelesen werden sollte. Seine *Geschichte der Erde* stellt sich vielmehr in einem weiteren Sinn als ein Rettungsversuch jenes bürgerlichen Liberalismus und Idealismus dar, wie er die Revolutionen von 1848/49 und gleichermaßen die Naturforschung der vorangegangenen drei Jahrzehnte getragen hatte. **Mohr** gehörte (ebenso wie **Bischof**) jener gesellschaftlichen Gruppe an, die sich im Grunde in doppelter Hinsicht als die eigentlichen 'Verlierer der Moderne' begreifen mußten: dem mittelständischen Bürgertum in der Provinz, den sogenannten lokalen Honoratioren (Ärzten, Anwälten, Apothekern, Universitätslehrern), Trägern einer liberal-demokratischen patriotischen Ideologie ohne sozialistische

28. Vgl. Mohr (1866a), S. 2.

29. Vgl. Mohr (1866a), S. 3.

30. Vgl. ebd.

31. Vgl. ebd. (Herv. B. F.).

Sympathien³². Im Gegensatz zu den Vertretern der neuen Wirtschaftsmacht Preußen, waren ihre Versuche, sich einen tatsächlichen Zugang zur politischen Macht zu verschaffen, vergeblich geblieben. Und ihre Ideale waren es, denen **Bismarck** die "Realität von Blut und Eisen" gegenübergestellt hatte³³. Die verlorene politische Macht versuchten sie auf dem Gebiet der Wissenschaft zurückzugewinnen³⁴.

Und nun drohte der neue Realismus gerade auch dieses Gebiet für sich einzunehmen. Und eben diese Bedrohung ist es, gegen die **Mohr** sich wehrte. Wenn er, wie oben dargelegt, das Fachgelehrtentum kritisierte und die Hoffnung ausdrückte, daß zuletzt eben doch "Thatsachen und Gründe" entscheiden würden und nicht die "Zahl der Stimmen" (s. o.), so war dies nicht zuletzt eine Kritik an jenem 'neuen Realismus', der mit der **Bismarck**-Ära auch an den Hochschulen vorherrschend wurde. Als ein konkretes Beispiel hierfür hatte sich ja gerade das **Grothsche** Programm der Chemischen Kristallographie gezeigt (vgl. Kap. B. 1. 2.). **Mohr** konnte in einem solchen Programm nur den Ausdruck eines die Wissenschaften zunehmend beherrschenden 'Ungeistes' sehen. Dies hat er - nicht mit Bezug auf **Groth** selbst, aber eben mit Bezug *auf* dessen eigentliche Ausgangspunkte - explizit deutlich gemacht.

Die Chemie seiner Zeit galt **Mohr** als eine Sammlung von Tatsachen ohne wirkliche Begründung. Ohne eine Antwort auf die Frage, warum das "Rhot der Kaliumflamme", der "Lithionflamme" oder auch des "Calciums" anders gebrochen werde, bleibe doch der "Spectralapparat eine Sphinx, eine bloße Thatsache" (was dessen praktischem Nutzen aber wohlgerne nicht abträglich sei). Ebenso verhalte es sich mit anderen Eigenschaften der Stoffe wie der spezifischen Wärme, dem "Rechts- und Linksdrehen", den

32. Vgl. hierzu vor allem auch O. Groth (1948), S. 210f.

33. Vgl. hierzu Rovan (1995), S. 450f.

34. Dies ist etwa in dem Sinne zu verstehen, in dem 1932 der (anonyme) Herausgeber einer Sammlung von Universitätsreden anlässlich der Gründung bzw. dem 25-jährigen Jubiläum den ehemaligen Kurator der neuen Reichsuniversität, Franz Freiherr von Roggenbach (1825-1907), beschrieben hat. Roggenbach war ab 1861 badischer Außenminister gewesen, trat allerdings 1865 aus Protest gegen Bismarcks Politik zurück. Er galt so als "ein staatsmännischer Vertreter jener liberalen Bürgerlichkeit, die daran gescheitert war, das politische Schicksal des Vaterlandes nach ihrem Sinne zu formen und sich nun umso eifriger anschickte, mit geistigen Waffen den Primat Deutschlands zu behaupten, der soeben mit Blut und Eisen errungen worden war". Vgl. Straßburger Universitätsreden (Einführung), S. 9.

"Brechungsexponenten" usw.³⁵ Eigentlicher Gegenstand seiner Kritik waren dann aber, wie schon kurz angedeutet, die zahllosen Versuche der organischen Chemie seiner Zeit zur Herstellung von Substitutionsprodukten bzw. Derivaten, also gerade diejenigen Arbeiten, welche für **Groth** - und eben nicht nur für diesen - die Grundlage einer modernen Chemie bildeten. Es sei, so **Mohr**, "eine ganz gleichgültige Sache, ob dieser oder jener Körper 1 oder 2 At.[ome] Chlor aufnimmt", und man sollte doch einsehen, "dass man mit den Derivaten auf dem gepflasterten Wege der Wissenschaft keinen Nutzen schafft": **7** Letztlich würden diese doch bald wieder **7L** "von neuen darüber gelagerten Derivaten bedeckt und vergessen gemacht"³⁶. Aber dies werde eben gegenwärtig für "wichtig und gross" gehalten:

"Eine 'schöne Arbeit' wird jetzt im Gebiete der Chemie eine solche genannt, die mit sehr vielen Zahlenresultaten, mit mühsamen Reindarstellungen, gefährlichen Destillationen oder Erhitzungen und mit einem grossen Schweif neuer Derivate verbunden ist"³⁷.

Diesem 'Irrweg der Wissenschaft' glaubte **Mohr** entgegenzutreten zu müssen. In diesem Sinne wollte er in seiner *Geschichte der Erde* der "Milch der frommen Denkart" bzw. der "Orthodoxie des Plutonismus"³⁸ und der von diesem erfundenen "geologischen Chemie" die "Natur selbst und die feststehenden Lehren der Physik und Chemie" entgegensetzen, um so "alle diese unnatürlichen Auswüchse wieder abzuschneiden"³⁹. Obwohl diese 'modernen Irrtümer' inzwischen von der Mehrzahl der Gelehrten angenommen seien, hielt er den Kampf dagegen doch nicht für aussichtslos:

"Wenn aber die Thatsachen selbst neu sind und den bisherigen Wortführern in der Wissenschaft unbekannt waren, oder wenn sie von diesen nicht beachtet oder nach meinem Dafürhalten falsch erklärt wurden, so lag um so weniger Grund vor, den Kampf von vornherein aufzugeben"⁴⁰.

Insbesondere an diese und ähnliche programmatische Äußerungen **Mohrs** ließen sich jetzt noch eine Reihe von Überlegungen zum politischen Hintergrund seiner Geologie anknüpfen. Es sei aber hier lediglich ein Aspekt noch einmal hervorgehoben, der sich schon an seinem Versuch gezeigt hatte, die chemische Affinität mechanisch zu erklären, nämlich die

35. Vgl. Mohr (1868), S. vii.

36. Vgl. Mohr (1868), S. viif.

37. Mohr (1868), S. viii.

38. Vgl. Mohr (1866a), S. 510.

39. Vgl. Mohr (1866a), S. iii.

40. Vgl. Mohr (1866a), S. iv.

eigenartige Zwischenstellung **Mohrs** zwischen Klassik und Moderne. Er kämpfte gegen die Autoritäten, gegen die "Orthodoxie", gegen das Fachgelehrtentum und für einen allgemeinen Zugang zur Wissenschaft, d. h. für die Ideale des alten Liberalismus. Daß dieser in deren Durchsetzung gescheitert war, schien ihm das 'falsche Bündnis' zu sein, welches der Liberalismus mit den 'Auswüchsen der modernen Wissenschaft' eingegangen war. Er glaubte, diese Ideale nur in einem Zurückgehen auf "die Natur selbst" (doch noch) durchsetzen zu können.

In diesem Sinne kritisierte er die Vertreter der vulkanistischen Theorie, denen es im Deutschland vor 1848 gelungen war, ihre Theorie mit einem liberalen Denken zu identifizieren⁴¹. Und in diesem Sinne glaubte er auch der Verbindung der Geologie und Paläontologie mit dem modernen Fortschrittsgedanken entgegentreten zu müssen. Auch für **Mohr** galt wohlgemerkt das "Darwin'sche Gesetz", d. h. auch für ihn war es eine Tatsache, daß bei den organischen Wesen (mit Einschluß des Menschen) eine "ununterbrochene Neubildung mit langsamer Veränderung der Gestalt" stattfindet⁴². Allerdings sprach dies eben nicht zwangsläufig für die Annahme einer Weiter- oder gar Höherentwicklung der Natur. Ebenso wie in der chemischen Geologie **Bischofs**, dominierte in **Mohrs** Geschichte der Erde der Gedanke von der in einem Kreislauf begriffenen Erde bzw. der der Stoffkreisläufe. Damit gab es auch für **Mohr**, abgesehen von der ersten Entstehung der Gesteine, in der Erdgeschichte auch keine wirkliche Neuentstehung, sondern nur eine Umbildung der Gesteine⁴³. Und ebenso wollte er für die organische Welt keine Weiter- oder Höherentwicklung gelten lassen, sondern nur einen - vom Wechsel der Umweltbedingungen - bestimmten ständigen Wechsel von "Fortbildung und Rückschritt":

"Demnach ist die Ansicht von ewiger Fortbildung und dem Fortschritte der Welt ein wohlwollender Traum, der durch nichts bestätigt wird. Fortbildung und Rückschritt halten sich

41. So hatte etwa Karl Cäsar von Leonhard (1779-1862) in der vulkanistische Theorie den Ausdruck des "freiern Denkens" seiner Zeit sehen wollen. Vgl. von Leonhard (1832). S. 21. Und auch der Neptunist Johann Andreas Wagner konnte sich 1833 des Eindrucks nicht erwehren, "daß es gegenwärtig fast zum guten Ton mitgehört, wie in der politischen Welt ein Liberaler, so in der geognostischen ein entschiedener Vulkanist, oder doch wenigstens ein gemäßigter Plutonist zu seyn". Vgl. Wagner (1833), S. 99.

42. Vgl. Mohr (1866a), S. 452.

43. Vgl. Mohr (1866a), S. 378-401.

das Gleichgewicht und es ist dafür gesorgt, dass die Bäume nicht in den Himmel wachsen"⁴⁴.

Implizit macht sich hier wieder der Gedanke von der Einheit und vom Gleichgewicht der Kräfte geltend. Und eigentlich wäre hier jetzt - wie überhaupt bei **Mohrs** Wissenschaftskritik - auch noch ein weiterer Hintergrund zu sehen, nämlich die Aufklärungskritik bzw. die 'Gegenaufklärung' des 18. Jahrhunderts, wie sie vor allem mit den Namen von **J. G. Hamann** und **J. G. Herder** verbunden ist⁴⁵. Was hier aber vor allem auch durchscheint, wenngleich nur in Ansätzen, das ist bereits die Fortschrittsangst der Moderne, die Angst vor einer Wissenschaft, die ihrer eigentlichen Aufgabe, der Frage nach den Ursachen nicht mehr gerecht werden kann, oder besser gesagt: die in der Befürchtung, dieser Aufgabe nicht mehr gerecht werden zu können, gleich von vornherein auf diese Frage verzichtete⁴⁶. Wenn **Mohr** die Annahme eines beständigen Fortschritts im Sinne einer Höherentwicklung kritisierte, so war dies nicht mehr nur, wie noch bei **Bischof**, mehr oder weniger das Ergebnis eines klassischen Naturbegriffs, sondern bei **Mohr** kündigte sich jetzt zugleich eine gewisse moderne 'Zivilisations- und Fortschrittskritik' an: Jedes Volk, dessen Lebensbedingungen durch natürliche oder menschliche Verhältnisse nachteilig verändert würden, verfalle der "Rückbildung". Und als mögliche Ursachen hierfür nannte er jetzt auch nicht mehr nur Veränderungen der natürlichen Umwelt (Vernichtung der Wälder, Erschöpfung der Bodenschätze usw.), sondern vor allem auch "gesellschaftliche Ursachen" (z. B. die Verteuerung bestimmter Nahrungsstoffe)⁴⁷. **Mohrs** Kritik war nicht mehr nur die Aufklärungskritik des 18. Jahrhunderts, sie war bereits - in Ansätzen - die Kritik der 'Gegenmoderne' des sich formierenden 20. Jahrhunderts (vgl. Teil A. Anm. 41).

44. Mohr (1866a), S. 452. Daß er damit bei den Befürwortern einer Evolution der Organismen auf Widerspruch stoßen mußte, bedarf keiner weiteren Begründung. So entgegnete ihm etwa E. Haeckel, daß "die paläontologischen Thatsachen ... eine fortschreitende Entwicklung des gesamten organischen Lebens auf der Erde im Ganzen (natürlich unbeschadet zahlloser Rückschritte im Einzelnen) unbedingt .. beweisen". Haeckel an Mohr, 27.10.1869 (UBB-Hs: S 1413 - Nachlaß Friedrich Mohr, Nr. 62).

45. Vgl. hierzu etwa Gaier (1989), S. 268-76.

46. Vgl. hierzu vor allem auch Daston (1996), S. 126f.

47. Vgl. Mohr (1866a), S. 451f.

Die Arbeiten **F. Mohrs** waren nun vor allem insofern von Interesse, als er in seinem Versuch, der "physischen Chemie" eine mechanistische Grundlage zu geben, deren kulturgeschichtliche Bedingtheit implizit noch sehr viel deutlicher zum Ausdruck brachte als **Bischof**. Dies gilt nun im weiteren Sinne auch für die *geological chemistry* des nordamerikanischen Chemikers und Mineralogen **Thomas Sterry Hunt**, dessen Arbeiten zum Teil schon im Zusammenhang mit **P. von Groths** Chemischer Kristallographie besprochen worden waren (vgl. Kap. B. 1. 1. 1.). Im Gegensatz zu **Bischof** ist bei ihm der Einfluß der (deutschen) Naturphilosophie ganz explizit nachweisbar. Und ebenso wie **Mohr**, war er (gegenüber **Bischof**) der 'modernere Geochemiker', insofern als er sich u. a. auf die neuen Erkenntnisse der Physiker zur Wärmelehre berief. Die Arbeiten **Hunts** stehen jetzt hier zunächst als ein Beispiel dafür, daß sich die Herausbildung einer Moderne in der Geowissenschaften nicht allein als die Aufnahme der neuen Thermodynamik bzw. der darauf gegründeten neuen physikalischen Chemie erklären läßt. Daneben sind sie aber auch deshalb von Interesse, als sie gerade nicht jenem spezifisch deutschen geistesgeschichtlichen Kontext - in dem die idealistische Naturforschung gewissermaßen 'Staatsphilosophie' war - entstammten, der für **Bischof** und **Mohr** bestimmend geworden war. Dies machte sich dann u. a. darin geltend, daß **Hunts geological chemistry** zwar in vielem ein Pendant zur chemischen Geologie **Bischofs** darstellte, daß sie aber im Gegensatz zu dieser weit weniger bekannt geworden ist und dabei auch eine sehr viel stärkere Kritik von ihren (amerikanischen und englischen) Zeitgenossen erfahren hat⁴⁸.

g.

Hunts geological chemistry hat eigentlich nur einmal kurz ein größeres öffentliches Interesse beanspruchen können, nämlich infolge eines Vortrages, den **Hunt** 1866 in England hielt und der zu einer kurzen, aber heftigen Diskussion zwischen ihm und dem schottischen Geologen **David Forbes** (1828-1876) um die Bedeutung der Chemie in der Geologie führte⁴⁹. Von **Forbes** (also nicht von

48. Auch die Bewertung der Arbeiten **Hunts** geht in der Regel dahin, daß er zunächst (vor allem in seinen Jahren beim "Geological Survey" in Vermont/Kanada) sehr wertvolle 'empirische' Arbeit geleistet habe, später hingegen zunehmend 'obskuren' philosophischen Auffassungen angehangen habe. Vgl. etwa **Brock** (1979), S. 150f. & 160f.

49. Vgl. hierzu vor allem **Brock** (1979); vgl. auch **Hamilton** (1986).

Hunt selbst) stammte auch die Bezeichnung "geological chemistry" für **Hunts** Auffassung der Bedeutung der Chemie für die Geologie; seine eigene Position hat er demgegenüber als "chemical geology" umschrieben⁵⁰.

Von seiner geologischen und chemischen Ausbildung her, war **Hunt** zunächst weitgehend Autodidakt, bis er 1845 Laborassistent von **Benjamin Silliman Jr.** (1816-1885) wurde, der die Professur für Chemie an der *Yale University* innehatte. Auf Empfehlung des letzteren ging **Hunt** im Februar 1847 als analytischer Chemiker zum 1842 gegründeten *Geological Survey* der damaligen Provinz Kanada in Montreal, dessen Direktor seit 1843 **William E. Logan** (1798-1875) war. Hier wirkte **Hunt** in den nächsten 25 Jahren und hielt während dieser Zeit auch Vorlesungen über Mineralogie und Chemie an der *McGill University* in Montreal. Wohl auch aus Verärgerung darüber, daß er nicht zum Nachfolger **Logans** ernannt worden war, verließ **Hunt** 1872 den *Geological Survey* und übernahm in Boston am *Massachusetts Institute of Technology* die Professur für Geologie, die er bis 1878 innehatte⁵¹.

1866 führte **Hunt** eine Europareise auch nach England, wo er am 31. Mai an der *Royal Institution* in London jenen Vortrag hielt, der seine "geologische Chemie" für kurze Zeit ins Bewußtsein einer breiteren wissenschaftlichen Öffentlichkeit hob. Er sprach über *The chemistry of the primeval earth*, und sein eigentliches Ziel dabei war, wie er es später auf eine erste Kritik von **Forbes** formulierte, basierend auf den "modern investigations in physics, chemistry, mathematics and astronomy" ein Entwicklungsschema zu konstruieren, "which would explain the development of our globe from a supposed intensely heated vaporous condition down to the present order of things"⁵². Diese modernen naturwissenschaftlichen Untersuchungen waren - neben der Nebular-Hypothese von **P. S. Laplace** - vor allem die durch die Spektroskopie endgültig bestätigte Identität von himmlischer und

50. Vgl. **Forbes** (1868b), S. 105. Vgl. auch **Forbes'** Brief an den Herausgeber des "Geological Magazine" vom 20.12.1868; der Brief ist abgedruckt in: *Geological Magazine* 5 (1868), S. 92. Dies ist dann vor allem auch im Hinblick auf **Hunts** Verhältnis zu **Bischof** zu sehen, d. h. es sollte nicht geschlossen werden, daß **Forbes'** Position derjenigen **Bischofs** (der ja auch von "chemischer Geologie" sprach) näher stand; diese stellte vielmehr eine Parallele zu **Hunts** "geologischer Chemie" dar.

51. Zur Biographie **Hunts** vgl. vor allem **Adams** (1934). Vgl. auch **Brock** (1979), S. 150.

52. Vgl. **Hunt** (1868), S. 49.

irdischer Materie, die Arbeiten von **Henri É. Saint-Claire Deville** (1818-1881) (welchen **Hunt** auch kurze Zeit vorher in Paris persönlich kennengelernt hatte) über die Dissoziation von Gasen bei hohen Temperaturen und nicht zuletzt die Gesetze der chemischen Verwandtschaft ("affinities")⁵³.

Dem entsprechend nahm **Hunt** zunächst einen ursprünglich gasförmigen, sehr heißen (selbstleuchtenden) Zustand der Erdmaterie an (wie ihn die Sonne zeige), in welchem alle chemischen Elemente (in Folge der hohen Temperatur) getrennt gewesen sein mußten. Durch die Abkühlung dieser Masse habe an der Oberfläche ein Kondensationsprozeß begonnen, der solange andauern sollte, bis die ursprünglich gasförmige Masse als eine flüssige vorgelegen habe bzw. damit dann auch die Existenz von chemischen Verbindungen möglich geworden sei. Hier erst beginne die eigentliche Chemie der Erde. Zuerst müßten sich notwendig die bei hohen Temperaturen stabilsten Verbindungen bilden (so etwa die Oxide von Silizium, Aluminium, Calcium und Magnesium), welche sich entsprechend der spezifischen Schwere anordneten, womit für den Erdkern vor allem Verbindungen bzw. Elemente mit hoher Dichte zu erwarten gewesen seien⁵⁴. Hunt

Erst wenn dieser Kondensationsprozeß abgeschlossen sei, d. h. wenn schließlich auch die nur bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen stabilen Verbindungen in flüssiger Form vorlägen, nehme der eigentliche Verfestigungsprozeß seinen Anfang. Auch er beginnt im Zentrum, d. h. es bildet sich zunächst ein fester Erdkern, umgeben von der noch flüssigen, heißen Restmasse. Das bedeute allerdings nicht, daß dieser feste Erdkern als erkaltet X-2

53. Vgl. Hunt (1867a), S. 35-7. Damit ist Hunts Theorie von ihrem Ansatz und ihrem konkreten Inhalt her für die Zeit nicht ungewöhnlich. Sie ist einer der Versuche, den Urzustand bzw. die erste Bildung der Erde und ihre weitere Entwicklung auf der Grundlage chemischer und physikalischer Kenntnisse bzw. im Anschluß an die Laplacesche Hypothese zu erklären. Weitgehend identisch mit Hunts Ansatz wäre etwa A. Petzoldts "Erdkunde" (1840), auch sie ein Versuch, die Bildung der Erde auf der Grundlage der Laplaceschen Hypothese zu erklären. Vgl. hierzu B. Fritscher (1991a), S. 240-2, 263-7 u. ö. Vor allem hinsichtlich der im engeren Sinne chemischen Argumente stimmt mit Hunts Hypothese auch die (neoneptunistische) "Theorie der Erde" (1837) von J. N. Fuchs überein. Vgl. B. Fritscher (1987). Letzteres gilt gleichermaßen für Bischof, wobei dieser sich allerdings gegen die Annahme einer ursprünglichen Trennung aller Elemente gewandt hat bzw. einen solchen Zustand bestenfalls für eine sehr kurze Zeit gelten lassen wollte (s. Kap. 3. 1. Anm. 90). Vwar

54. Vgl. Hunt (1867a), S. 38f.

vorzustellen sei. Seine Temperatur liege vielmehr in der Nähe des Schmelz- bzw. 'Gefrier'-Punktes der ihn zusammensetzenden Verbindungen, welcher dort auch zweifellos durch den Druck noch erhöht sei⁵⁵.

Das feste Zentrum spiele nun allerdings für die weiteren (chemischen) Vorgänge keine Rolle mehr, sondern nur noch allein die darüberliegenden Teile der geschmolzenen mineralischen Masse. In ihr müßten nun (mit Ausnahme einiger weniger, nach wie vor gasförmiger Bestandteile) alle diejenigen Bestandteile zu finden sein, welche die ursprüngliche Kruste der Erde gebildet haben, eine Kruste, welche heute unter ihren eigenen Resten ("ruins"), d. h. den Sedimenten, begraben liegt. Die in ihr ablaufenden chemischen Prozesse seien dem Chemiker leicht einsehbar, denn es seien letztlich keine anderen, als die, welche bei der Einwirkung der Bestandteile von Land, Meer und Atmosphäre bei hohen Temperaturen zu erwarten wären. Entsprechend den bekannten Gesetzen der chemischen Verwandtschaft müßten zunächst alle Carbonate, Chloride und Sulphate in Silikate verwandelt werden; alle Basen seien also als Silikate in der Kruste enthalten, welche so manchen Hochofen-Schlacken oder vulkanischen Gläsern ähnlich sei. Zugleich reicherten sich die freiwerdenden Stoffe (Kohlenstoff, Chlor und Schwefel) als saure Gase in der Atmosphäre an und bildeten dort mit Stickstoff, Wasserdampf und einem möglichen Überschuß an Sauerstoff eine Uratmosphäre von hoher Dichte. Diese hohe Dichte bedinge nun wiederum eine starke Erhöhung des Kondensationspunktes, so daß die halbabgekühlte Kruste von einer stark erhitzten Lösung von Salz- und Schwefelsäure durchflutet werde. Die entstehenden Wirkungen auf die Silikate seien wieder jedem Chemiker einsichtig: Die Bildung von Chloriden und Sulphaten bei gleichzeitiger Freisetzung der Kieselerde ("silicia") schreite so lange fort bis die Verwandtschaften der Säuren ("affinities of the acids")

55. Vgl. Hunt (1867a), S. 39. Nach Hunt verläuft der Prozeß der Verfestigung also gewissermaßen vom Zentrum nach außen, nicht - wie es im Anschluß an G. L. L. de Buffon die meisten seiner Zeitgenossen annahmen - von der Kruste in Richtung auf einen zunächst noch glutflüssigen Erdkern. Hunt begründete dies damit, daß nur sehr wenige Verbindungen im flüssigen Zustand eine höhere Dichte aufwiesen als im flüssigen. Ein Beispiel hierfür sei das Wasser, bei welchem sich deshalb die 'Kruste', d. h. die Eisschicht, an der Oberfläche bilde. Bei der überwiegenden Zahl der Körper sei es aber gerade umgekehrt, d. h. die flüssige Modifikation weise die geringere Dichte auf.

zufriedengestellt ("satisfied") seien. Die freiwerdende Kieselerde nähme die Form des Quarzes an, und es bilde sich das Meerwasser, welches neben den Chloriden und Sulphaten von Natrium, Calcium und Magnesium Salze von Aluminium und anderen metallischen Basen enthalte. Zugleich entstünde so eine Uratmosphäre, welche sich von der heutigen nur mehr durch den höheren Gehalt an Kohlensäure unterschieden habe⁵⁶.

Die weitere (chemische) Entwicklung der Kruste findet dann vor allem an der Luft statt: unter dem Einfluß der Kohlensäure und der Luftfeuchtigkeit der Atmosphäre entstehen vor allem Tone und lösliche Karbonate, welche letztlich als Sedimente im Meer niedergeschlagen werden. Die so erfolgende allmähliche Abnahme des Kohlendioxids in der Atmosphäre (chemischer Niederschlag von Kalkstein, Respiration der Pflanzen) brachte **Hunt** auch in Zusammenhang mit den durch die Fossilien belegten Veränderungen der Lebenswelt. Es sei bekannt, daß eine kohlensäurehaltige Atmosphäre die Hitzeabstrahlung der Erde verhindere, was erklären könnte, warum in den heutigen temperierten oder polaren Klimaten einstmals ein tropisches Klima geherrscht habe⁵⁷.

Schließlich ging **Hunt** noch auf den möglichen Einfluß der Hitze der teilweise abgekühlten, ursprünglichen Erdkruste auf die sie heute überlagernden Sedimente ein. Bedingt durch die Dicke dieser Sedimentschicht sei eine solcher Einfluß für die Gegenwart mehr oder weniger zu vernachlässigen. In früheren Zeiten allerdings sei er durchaus erheblich gewesen. So schrieb **Hunt** der Einwirkung dieser Hitze vor allem die Entstehung der heute so genannten "crystalline and metamorphic rocks" zu, "such as gneiss, greenstone, granite, etc."⁵⁸ Insbesondere der Granit müsse ein solches metamorphes (d. h. ursprünglich sedimentäres) Gestein sein, da einer seiner Hauptbestandteile der Quarz sei, welcher bekanntlich nur aus wässriger Lösung bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen entstehen könnte⁵⁹. Aus diesem

56. Vgl. Hunt (1867a), S. 39f.

57. Vgl. Hunt (1867a), S. 40-2.

58. Vgl. Hunt (1867a), S. 43.

59. Vgl. Hunt (1867a), S. 43f. Seine Auffassung über die chemische Metamorphose der Sedimente bzw. die Entstehung der metamorphen Gesteine hat Hunt vor allem 1863 dargelegt. Ausgehend von der Annahme, daß die Wirksamkeit der chemischen Kräfte in früheren Epochen der Erdgeschichte sehr viel stärker gewesen sein müsse, war sein eigentliches Ziel hierbei die Bestimmung chemischer bzw. mineralogischer Kennzeichen für die zeitliche Ordnung der metamorphen Gesteine. Wesentliches Agens der Metamorphose war ihm (im Anschluß an J. Hutton und A. Boué) die Wärme, und er unterschied zwei grundlegende Prozesse: molekulare Veränderungen (d. h. Kristallisation und Neuordnung der Teile)

Überlegungen folgte dann für **Hunt** auch, daß die vulkanischen Phänomene ihre Ursachen nur in den Sedimentschichten haben könnten, d. h. der ursprüngliche (heiße) Erdkern habe hierauf zumindest keinen direkten Einfluß. Allerdings bedinge er u. a. die Freisetzung von Gasen wie etwa Kohlen- und Salzsäure sowie von Schwefelverbindungen, welche dann die eigentlichen Ursachen der vulkanischen Erscheinungen (auch des Ausbruchs glutflüssiger Massen) seien⁶⁰.

Die konkreten Einwände, die **D. Forbes** nun gegen **Hunts** Theorie vorbrachte, betrafen zum einen das Postulat der Verfestigung der Erde von innen nach außen bzw. das eines festen Erdkerns sowie vor allem deren 'neptunistische Tendenzen'. Dem ersteren widerspräche etwa die bei metallurgischen Prozessen (mit welcher **Forbes** selbst durch seine Tätigkeit im norwegischen Bergbau- und Hüttenrevier von Espedal bestens vertraut war) zu beobachtende Tatsache, wonach die Abkühlung geschmolzener Massen von außen nach innen erfolge, diese also zuerst an der Außenseite fest würden, während sie im Inneren noch flüssig blieben. Auch die von **Hunt** angenommene (mehr oder weniger unbeschränkte) Erhöhung des Schmelzpunktes wollte **Forbes** nicht akzeptieren. Und vor allem wandte er sich (mit Hinweis auf das Vorkommen von Quarz in Lavagestein) gegen die von **Hunt** postulierte neptunistische bzw. metamorphe Entstehung des Quarzes bzw. des Granits⁶¹.

Die Antwort **Hunts** auf diese Einwände **Forbes'** macht deutlich, daß die zur Verfügung stehenden chemischen und experimentellen Daten keine Entscheidung zwischen ihren beiden Positionen herbeiführen konnten. Der eigentliche Gegensatz zwischen ihnen lag also offenbar auf einer anderen Ebene. **Forbes** selbst deutete diese implizit an, wenn er das Verhältnis seiner "chemical geology" zur "geological chemistry" **Hunts** beschrieb:

"I have taken Geology as my starting point, and then endeavoured to apply chemistry, especially experimental

und chemische Veränderungen (Austausch von Bestandteilen zwischen den einzelnen Sedimenten). In diesem Sinne war ihm dann auch der Pseudomorphismus (die Umwandlung einer Mineralart in eine andere durch Zu- oder Wegführung von Teilen) eine Folge der Metamorphose (d. h. er setze letztere voraus), und dieser dürfe deshalb auch nicht - wie dies fälschlich Bischof u. a. getan hätten - mit der eigentlichen Metamorphose gleichgesetzt werden. Vgl. Hunt (1863), hier vor allem S. 19f., 24 & 34.

60. Vgl. Hunt (1867a), S. 44.

61. Vgl. Forbes (1868a), S. 94 & 97. Vgl. hierzu auch Brock (1979), S. 155.

chemistry, to the explanation of known geological phenomena. On the other hand, Dr. Hunt, in what may be termed his Geological Chemistry, starts from data purely chemical, and then looks around for geological instances to which they may be applied"⁶².

Den hier zum Ausdruck kommenden (epistemologischen) Gegensatz habe ich an anderer Stelle als den zwischen einer phänomenologischen und einer konstruktiven Funktion der Chemie in der Geologie beschrieben: auf der einen Seite alltägliche ('gewöhnliche') chemische und metallurgische Erfahrungen, auf der anderen bewußt 'produzierte' experimentelle Daten, welche der 'alltäglichen Erfahrung' oft entgegenstanden⁶³. Hier ordnet sich dann auch der - den chemischen Geologen (so etwa auch **Bischof**) ja immer wieder gemachte - Vorwurf **Forbes'** an **Hunt** ein, seine Hypothese basierte auf einer vergleichsweise geringen Kenntnis der regionalen Geologie der Erde, d. h. letztlich allein auf der regionalen Geologie Kanadas. **Forbes** erinnerte an den Satz **Ch. Lyells**, wonach es für einen Geologen nur drei wichtige Dinge gäbe, nämlich "to travel, to travel, and to travel"⁶⁴. Darauf antwortete **Hunt** - mit Bezug auf ein Wort des Mystikers **Thomas von Kempen** (ca. 1379-1471) -, daß diejenigen, welche viele Pilgerfahrten unternähmen, doch selten Heilige würden⁶⁵, worauf wiederum **Forbes** entgegnete: "What we require, ..., is geologists, not saints"⁶⁶.

Historisch bestimmend für **Hunts** Position (und damit auch für die Auseinandersetzung mit **Forbes**) waren aber zwei andere Faktoren. Dies war zum einen **Hunts** gute (und verglichen mit **Forbes** wohl auch bessere) Vertrautheit mit den neueren Ergebnissen und Fragestellungen der Physik (insbesondere der Wärmelehre)⁶⁷ und der Chemie⁶⁸, vor allem aber seine Orientierung

62. Forbes (1868a), S. 105. Vgl. auch Brock (1979), S. 160f.

63. Vgl. B. Fritscher (1991), S. 222-282. Charakteristisch für den phänomenologischen Erfahrungsbegriff ist etwa der Verweis auf 'einfache und ganz gewöhnliche Erfahrungen' oder die Betonung der Gewißheit der Sinne. So bezeichnete **Forbes** etwa seine Auffassung über das Erdinnere als "a very simple but common-sense view of the case", oder er wirft seinem Gegner vor, dieser sei "blind to the evidence of his senses". Vgl. Forbes (1868a), S. 94; Forbes (1868b), S. 108.

64. Vgl. Forbes (1868a), S. 97.

65. Vgl. Hunt (1868), S. 59.

66. Forbes (1868b), S. 110.

67. Ein wesentlicher Faktor seiner chemischen Theorie der Erde waren die Abhängigkeit der Schmelz- bzw. Erstarrungstemperatur vom Druck bzw. die entsprechenden Arbeiten von J. und W. Thomson (beide 1850), R. Bunsen (1850) und H. C. Sorby (1863). Vgl. Hunt (1868), S. 50f. & 57. Auf der anderen Seite war es dann zweifellos **Forbes**, der mit **Sorby's** neuer Anwendung des Mikroskops

an der deutschen Naturphilosophie.

Hunts konkrete Quelle für letztere waren J. B. Stallos *General principles of the philosophy of nature* (1848), im wesentlichen eine - eigentlich eklektische - Wiedergabe der Naturphilosophie Kants, Fichte, Schellings, Hegels und Okens⁶⁹. Mit Kant begriff Hunt die chemische Verbindung als 'wechselseitige Durchdringung' ("interpenetration") der Bestandteile und eben nicht - wie die atomistischen Chemiker - als bloße Aneinanderlagerung ("juxtaposition")⁷⁰. Ein Jahr später hat er allerdings auch die Kantsche Vorstellung der 'wechselseitigen Durchdringung' als letztlich doch eine mechanistische kritisiert. Im Anschluß an Hegel und vermittelt durch Stallo, bestimmte er dort den chemischen Prozeß als "the

in der Geologie besser vertraut war. Vgl. Forbes (1868b), S. 108. 68. Vor allem letztere hat er nach eigener Auffassung in wesentlichen Teilen auch selbst geschaffen. So nahm Hunt vor allem hinsichtlich der Weiterentwicklung der Typentheorie Dumas' (die gewöhnlich mit dem Namen von C. F. Gerhardt verbunden wird) sowie - damit zusammenhängend - der Feldspattheorie G. Tschermaks eine gewisse Priorität für sich in Anspruch. Vgl. Hunt (1853b), S. 438f.; Hunt (1848-61), hier vor allem S. 468f. Vgl. hierzu dann auch Kolbe (1860), hier S. 293f. Zu Hunts Mineralogie bzw. seiner Feldspattheorie vgl. die Kap. B. 1. 1. 1. & B. 2. 1. 69. Stallos Anliegen war es eigentlich, seine amerikanischen Fachkollegen mit dem spezifisch deutschen Denken vertraut zu machen. Er wandte sich - mit Bezug vor allem auf das geistige Klima Amerikas in seiner Zeit - gegen die "materialistic, utilitarian tendencies", welche gegenwärtig alle Zweige der Wissenschaften unter der Fahne eines "misconceived Baconism" beherrschten, und welche "every alliance between philosophical pursuits and the investigation of nature" verhinderten. Die "speculation" werde vollkommen abgewertet, und als Naturforscher könne man kaum mit einem schlimmeren 'Etikett' versehen werden als mit dem des "metaphysician". Vgl. Stallo (1848), S. vii. Die Ursache dieses geistigen Klimas sieht Stallo nicht zuletzt in gewissen 'nationalen Eigenarten' gegründet: "The Germans could not descend to the material world; hence they became idealists; - the English and French were unable to ascend to the summits of the Absolute; on that account they remained materialists". Vgl. Stallo (1848), S. ix. Daraus resultierten dann auch zwei unterschiedliche Formen des Skeptizismus: Die englischen Skeptiker, "dwelling in the sphere of the senses, doubted of every thing which was not the object of these, and therefore of the ideality of the Real". Die deutschen Skeptiker dagegen, "lost in their own being, doubted of every thing that was not, as it were, born a thought, - they doubted of the correspondence of the material world with their subjective conceptions, of the reality of the Ideal". Vgl. Stallo (1848), S. ix. (Herv. orig.). Als markanteste Beispiele für diese Gegensätze galten ihm Hume und Kant.

70. Vgl. Hunt (1853a), S. 428f.; vgl. auch Hunt (1853b), S. 438.

identification of the Different and the differentiation of the Identical"⁷¹. Dies bedeutet, daß im Verständnis **Hunts** die einzelne Mineralart nicht als Verbindung zu betrachten ist, sondern als "individual, in which the so-called chemical elements have no actual existence"⁷². In deutlicher Analogie zu **Oken** bestimmte **Hunt** weiter das Verhältnis der Mineralien zu den organischen Produkten: Das Kennzeichen der letzteren sei die Individuation ("individuation"), wohingegen die anorganischen Körper zwar eine "specific existence" hätten, "but no individuality" (was konkret bedeutete, daß sie durch Teilung nicht zerstört werden können). Im anorganischen Reich sei allerdings in der "Crystallization" zumindest eine Vorstufe ("commencement") der "individuation" vorhanden: Kristalle müßten, wie das Gewebe der Pflanzen und Tiere, zerstört werden, bevor sich an ihnen chemische Veränderungen vollziehen könnten⁷³.

Die Entstehungsweise der Organismen (d. h. die Entstehung von den Eltern ähnlichen Individuen) kann also für die anorganischen Prozesse keine Analogien bieten. Zumindest seien aber doch "metagenesis" und "metamorphosis" in gewisser Weise in den chemischen Prozessen vorgezeichnet. Die "metagenesis", die wechselseitige Entstehung, umfaßte zwei Prozesse, den der Vereinigung von zwei oder mehreren Arten zu einer einzigen und den der Differenzierung einer Verbindung in zwei oder mehrere andere. Diese Unterscheidung ist Ausdruck der von **Hunt** angenommenen beiden Grundkräfte ~~X~~ der Materie, wovon die eine "condensation, attraction, and unity" erzeuge, die andere "expansion, repulsion, and plurality" (die chemische Vereinigung war dabei konkret die Wirkung der "condensation", die chemische Trennung die Wirkung der "expansion"). In ähnlicher Weise bestehe auch die "metamorphosis" aus zwei Prozessen, wobei hier allerdings nur eine Substanz betrachtet werde, d. h. Veränderungen der spezifischen Differenz fänden hier nicht statt, weshalb die

Jmen
X/B

71. Vgl. Hunt (1854), S. 450. Vgl. auch Stallo (1848), S. 452f.

72. Vgl. Hunt (1853b), S. 439. Daraus folge, daß uns keine geometrische Anordnung der Atome je Einsicht geben könne "into the way in which Nature builds up her units", nämlich "by interpenetration and identification, and not by juxtaposition of the chemical elements". Vgl. Hunt (1867b), S. 457f.

73. Vgl. Hunt (1853a), S. 427.

"metamorphosis" auch für die "chemical history" der Körper nur eine untergeordnete Rolle spielte⁷⁴.

Für **Hunts** "geological chemistry" sind diese naturphilosophischen Grundlagen insofern von Bedeutung, als durch sie eine genetische Klassifikation der Wissenschaften bestimmt wird, in welcher deren Aufeinanderfolge ihre relative Bedeutung anzeigte. Die "chemical history" der Körper wurde an deren geologische Geschichte - welcher sie vorauszuweichen habe - angebunden. Entsprechend der Geschichte des Universums selbst, welches sich zuerst dynamisch, dann chemisch und schließlich biologisch entwickelt habe, müßten die "abstract sciences, physics and chemistry", der "concrete science, mineralogy", vorhergehen und deren Grundlage bilden. Und in gleicher Weise galt dies für die Beziehung der "biology" auf die "Organography" oder die "Geogeny" auf die "Geognosy"⁷⁵.

1884 hat **Hunt** diesen Zusammenhang noch einmal systematisch entwickelt in einer Klassifikation der Naturwissenschaften, die hier zunächst in tabellarischer Form wiedergegeben sei⁷⁶:

Natural Sciences	Inorganic Nature	Organic Nature
Descriptive	Mineral physiography	Biophysiography
General Physiography	Descriptive and Systematic	Organography
or	Mineralogy	
Natural History	Geognosy; Geography;	
	Descriptive Astronomy	
Philosophical	Mineral Physiology	Biophysiology
General Physiology	Dynamics or Physics;	Biotics
or	Chemistry	Organogeny; Morphology
Natural Philosophy	Geogeny;	Physiological
	Theoretical Astronomy	Botany and Zoology

Le

74. Vgl. Hunt (1853a), S. 426f. Zur weiteren Entwicklung dieser Grundprinzipien mit Blick auf die chemische Bestimmung bzw. die Klassifikation der Mineralien vgl. Kap. B. 1. 1. 1.

75. Vgl. Hunt (1967b), S. 454.

76. Nach Hunt (1884), S. 75.

Expliziter methodischer Ausgangspunkt dieser Klassifikation war die aristotelische Unterscheidung von beschreibender Naturgeschichte und theoretischer 'Naturphilosophie':

"The study of material nature, or of the physical universe (...), constitutes what the older scholars correctly and comprehensively termed Physics, and presents itself in a two-fold aspect; first, as descriptive, and second as philosophical - a distinction embodied in the terms Natural History and Natural Philosophy, or, more concisely, in the words Physiography and Physiology"⁷⁷.

Eine zweite Grundlage der **Huntschen** Klassifikation war die Trennung der Natur in ein anorganisches oder mineralogisches ("inorganic or mineralogical") bzw. ein organisches oder biologisches Reich ("organic or biological kingdom"); die früher übliche weitere Unterteilung des letzteren in Pflanzen- und Tierreich sei demgegenüber nur sekundär.

Bezogen auf das Mineralreich betrachtet also die Naturgeschichte bzw. die "mineral physiography" die wahrnehmbaren Kennzeichen ("sensible characters") der Mineralien: dies wäre dann die beschreibende und systematische Mineralogie, und **Hunt** betonte, daß sie sich in dieser Bestimmung nicht nur auf die natürlichen Mineralien beschränkte, sondern in einem weiteren Sinne auch alle künstlichen Mineralien umfasse. Zur "mineral physiography" gehörten weiter die "geognosy" und die "physical geography", welche sich von jener dadurch unterschieden, daß sie die Mineralien in ihrem natürlichen Vorkommen, d. h. hinsichtlich ihrer Vergesellschaftungen ("aggregations") mit anderen Mineralien sowie ihrer Stellung im Aufbau der Gesamterde untersuchten⁷⁸.

Demgegenüber befasse sich die "natural philosophy of the inorganic kingdom, or mineral physiology" in erster Linie mit dem, was gemeinhin "dynamics or physics" genannt werde. Dazu gehörten die gewöhnliche (natürliche) Bewegung ("ordinary motion") und alle von den Mineralien ausgehenden Kraftäußerungen,

77. Hunt (1884), S. 74 (Herv. B. F.).

78. Vgl. Hunt (1884), S. 74. Dies ist also letztlich (abgesehen vom bewußten Einschluß der künstlichen Mineralien) die klassische Einteilung der Mineralogie A. G. Werners in "Oryktognosie", "Geognosie" und "mineralogische Geographie".

wie die von diesen ausgehende Energie ("radiant energy")⁷⁹, Elektrizität, Magnetismus u. a. Die von den speziellen Gegenständen losgelöste dynamische Betrachtungsweise ("dynamics in the abstract"), d. h. die Physik, ist eine allgemeine Betrachtung der Materie, welche keine Beziehung auf die einzelnen Arten hat. Erst der Chemismus sei es, der hieraus mineralogische oder sogenannte chemische Arten ("mineralogical, or so-called chemical species") erzeuge⁸⁰. "Dynamics" und "Chemistry" sind es also, die die anorganische Welt aufbauen und die so auch die Grundlagen bilden für die "geogeny" und (in der Anwendung auf "other worlds") die "theoretical astronomy". Die "Geogeny" wendet die Gesetze der Physik (d. h. der dynamischen Wirkungen der Materie) und der Chemie auf Fragen der Entstehung der Erde an, wie **Hunt** selbst dies in seiner chemischen Geologie getan hat.

Die dynamischen und chemischen Wirkungen der anorganischen Natur sind dann weiter Gegenstand der "Biophysiology", welche darüber hinaus noch eine Reihe höherer physiologischer Aspekte zu behandeln hat, die lediglich dem organischen Reich zukommen (etwa das Vermögen, durch Assimilation zu wachsen, sich zu vermehren usw.). **Hunt** faßte diese speziellen Charakteristika der Lebenswelt als "biotics" zusammen, und so kam er schließlich - basierend auf der Trennung von dynamischen, chemischen und 'biotischen' Wirkungen - zu einer dreifachen Unterscheidung der Physiology bzw. der "natural philosophy":

"The physiology of matter in the abstract is dynamical; that of the mineral species is both dynamical and chemical; while that of organized forms is at once dynamical, chemical, and biotical"⁸¹.

Wenn so nun **Hunts** chemische Geologie zunächst durchaus modern anmutet, insofern als er die neuesten Ergebnisse der Physik und Chemie seiner Zeit rezipiert hat, so zeigt jetzt eben vor allem auch diese Einteilung der Wissenschaften, wo er

79. Diese "ordinary motion" ist zweifellos im Sinne der aristotelischen natürlichen Bewegung zu verstehen. Die "radiant energy" ist das, was im deutschen als die 'Kraftäußerung' der Mineralien beschrieben wurde.

80. Hunt fügte hinzu, daß diese deshalb auch betrachtet werden könnten als erzeugt aus einer einzigen elementaren Substanz, einer "materia prima". Vgl. Hunt (1884), S. 74.

81. Hunt (1884), S. 75. Den Begriff "biotics" für die allein den Organismen zukommenden Eigenschaften führte Hunt ein, da der gebräuchliche Begriff der "vital activities" sich eben letztlich nicht auf diese beschränke, sondern in der Bedeutung, in der er gewöhnlich verwendet werde, auch solche Wirkungen mit umfasse, welche letztlich nur dynamische oder chemische seien.

(konkret bedingt durch seine Abhängigkeit von der Romantik und dem Deutschen Idealismus) der klassischen Naturforschung verhaftet blieb⁸². Und dies waren letztlich die gleichen Faktoren, die sich schon bei **Bischof** und **Mohr** gezeigt haben (und sich auch im Zusammenhang mit der romantisch-idealistischen Naturforschung noch zeigen werden; s. Kap. B. 3. 3.).

Dies war zum einen das Festhalten an der klassischen Unterscheidung von Naturbeschreibung und Naturwissenschaft. Was für die Moderne des 20. Jahrhunderts bestenfalls noch eine terminologische Unterscheidung ist, die letztlich weder für die Bestimmung des Gegenstandes noch der Methode der Naturforschung mehr eine Rolle spielt⁸³, bezeichnete für **Hunt** nach wie vor zwei verschiedene Bereiche der Erkenntnis und blieb so konstitutives Element im System der Wissenschaften. Die Naturwissenschaft handelte von der 'Natur', der *physis*, der Dinge, sie war Ursachenforschung und hatte damit eindeutig den Vorrang gegenüber der Naturbeschreibung.

Dabei ist diese Naturwissenschaft (wie es angesichts mancher, nicht nur aus heutiger Sicht, spekulativer Überlegungen **Hunts** scheinen mag) allerdings keineswegs als metaphysische Naturforschung zu verstehen. Ganz im aristotelischen Sinne zielt sie - wie die Wissenschaft **Bischofs**, **Mohrs** und überhaupt die der Romantik und des Deutschen Idealismus - auf das 'natürliche Verhalten der Dinge', auf das *Phänomen*. **Hunt** selbst hat dies ausdrücklich betont. Seine Wissenschaft hätte

"to do only with phenomena, and no hypothesis as to the noumenon or substance of a species under examination, based upon its phenomena, or those of its derived species, can ever be a subject of science, for it transcends all sensible knowledge"⁸⁴.

82. Hunts Klassifikation der Wissenschaften ist so natürlich auch nicht als ungewöhnlich zu sehen. Ganz ähnlich (d. h. eben auch mit Bezug auf die jeweils spezifischen "Kräfte") hat etwa 1845 A. von Humboldt zwischen "Naturlehre (Physik)", "Chemie" und "organischer Morphologie" unterschieden. Vgl. Humboldt (1845-1862) I, S. 56.

83. Vgl. in dieser Hinsicht etwa die in Kap. B. 2. 2. skizzierte Bestimmung des Verhältnisses von Mineralogie und Kristallographie bei V. Goldschmidt. Vgl. auch das eingangs zitierte Plädoyer von Van Hise für eine nach Ursachen fragende (und das hieß für ihn: eine physikalisch und chemisch begründete) Geowissenschaft im Gegensatz zu einer vorwiegend beschreibenden Geologie.

84. Hunt (1853a), S. 428 (Herv. B. F.). Eine der Hintergründe dieser Beschränkung seiner Wissenschaft auf das Phänomen ist die Naturphilosophie L. Okens bzw. dessen betonte Trennung zwischen "Natur- und Geistphilosophie". Vgl. etwa Oken (1831), S. 1f.; s. hierzu dann vor allem Kap. B. 3. 3.

Ein zweiter Aspekt schließlich, der **Hunts** Naturforschung klassisch bleiben ließ und der - mehr noch als die Beschränkung auf das Phänomen - den Einfluß der romantisch-idealistischen Naturforschung spiegelt, ist seine Unterscheidung der einzelnen Naturreiche nach jeweils charakteristischen "Actionen", wie wir diese auch schon in **Bischofs** Unterscheidung zwischen dem von der "Organisation" bestimmten pflanzlichen und dem allein von chemischen Gesetzen bestimmten mineralischen Stoffwechsel kennen gelernt haben (vgl. Kap. B. 3. 1.). In Übereinstimmung mit der Romantik vertrat **Hunt** die Idee von der Einheit der Kräfte⁸⁵. Trotzdem blieben diese Kräfte letztlich wesentlich getrennt insofern, als die charakteristischen Wirkungen der organischen Formen nur für diese galten, ebenso wie die reine "physiology of matter" allein die dynamischen Wirkungen zu berücksichtigen hat bzw. noch nicht die für die anorganischen Formen bestimmenden chemischen Wirkungen. In ganz ähnlichem Sinne hatte ja **Bischof**, obwohl gerade er wie kein anderer einen 'Stoffwechsel der Erde' propagierte, diesen immer nur als Analogie verstanden wissen wollen, und eben nicht als einen 'wirklichen' Stoffwechsel, welcher allein dem organischen Reich vorbehalten sei.

85. Siehe hierzu etwa seinen Verweis auf "Mr. Sorby's admirable Bakerian lecture" im Jahr 1863 über den direkten Zusammenhang zwischen "mechanical and chemical forces". Vgl. Hunt (1868), S. 57. Vgl. auch Sorby (1863).

3.3. Die Bedeutung der Chemie in der romantisch-idealistischen Erdwissenschaft

Im Vorhergehenden war deutlich geworden, daß gerade die Autoren um die Mitte des 19. Jahrhunderts, die der Chemie eine maßgebliche Rolle in den Geowissenschaften zugestehen wollten (und die deshalb gerne als 'Vorläufer der Geochemie' angeführt werden, wie eben **Bischof**, **Mohr** und **Hunt**), nicht unwesentlich von der romantisch-idealistischen Naturphilosophie beeinflusst waren. Auf der anderen Seite ist die 'Affinität' einer Reihe herausragender Vertreter des deutschen Idealismus und der Romantik zu den Geowissenschaften und speziell zur Geschichte der Erde bekannt¹: Zu nennen wären hier etwa **Novalis (Friedrich von Hardenberg)** (1772-1801), **Franz von Baader** (1765-1841), **Gotthilf Heinrich Schubert** (1780-1860) und der in Norwegen geborene Naturforscher und Philosoph **Henrik Steffens** (1773-1845)². Insbesondere der letztere hat sich dabei - als Schüler sowohl von **A. G. Werner** als auch von **Friedrich Wilhelm Joseph Schelling** (1775-1854) - um die Verbindung der Geologie mit der Naturphilosophie bemüht. Im Hinblick auf das Verständnis der "physischen Chemie der Erde" ist hier also auch das Verhältnis von Chemie und Geologie in der Naturphilosophie selbst etwas eingehender zu beleuchten.

Grundlegend für das Verständnis der romantisch-idealistischen 'Geochemie' bzw. für deren Zielsetzung und Argumentationsstruktur sind vor allem zwei Arbeiten von **H. Steffens**, nämlich einmal die 1800 in **Schellings Zeitschrift für spekulative Physik** erschienene Abhandlung über den Oxydations- und Desoxydations-Prozeß der Erde (1800), und zum anderen die *Beiträge zur innern Naturgeschichte der Erde* (1801)³.

In der ersteren hat **Steffens** es sich zum Ziel gesetzt, den von **Schelling** postulierten Gegensatz zwischen der Vegetation als einem "kontinuierlichen Desoxydationsprozeß" (d. h. Reduktionsprozeß) und der "Animalisation" als einem

1. Vgl. vor allem Snelders (1973); Henderson (1994; 1995). Vgl. auch D. von Engelhardt (1979); Rupke (1983).

2. Vgl. etwa Wagenbreth (1967), S. 164-6.

3. Zu Steffens vgl. auch B. Fritscher (1993b); Leverre (1981), S. 144 f., 163-5 f. & 244 f.

"kontinuierlichen Oxydationsprozeß" in dem "großen Prozeß" nachzuweisen, "der die Form unseres Erdkörpers unterhält". Als Ausgangspunkt seiner Überlegungen setzte er dabei die "allen festen Substanzen unsers Erdkörpers gemeinschaftlich(e) ... allgemeine Tendenz ... sich zu kristallisieren", welche sich allerdings bei den einzelnen Substanzen wechselseitig beschränke, so daß ihr nur wenige Substanzen ungestört folgen könnten⁴. Beispiel hierfür war ihm vor allem der Granit, der bekanntlich aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt ist, die sich in ihrer Ausbildung wechselseitig begrenzen (wir würden heute sagen: die xenomorph ausgebildet sind). Die Granitgebirge schienen im Aufbau der Erde dominierend zu sein, d. h. sie "scheinen die Richtung aller Gebirgsstrecken zu bestimmen". Diesen durchgreifenden Einfluß erhielten die Granitgebirge nun vor allem eben "durch die Bestimmtheit ihrer Form", und diese wiederum sei dadurch bedingt, daß "die mineralogisch einfachen Mineralien in ihrer Ausbildung einander entgegenstrebten, denn durch diesen Conflict entgegengesetzter Tendenzen entstand ein neues Produkt - der Granit"⁵.

Was **Steffens** hier ansprach, war das (im Zusammenhang mit **Bischof** schon angedeutete) Granitproblem, d. h. dessen (der Annahme seiner schmelzflüssigen Entstehung widersprechende) scheinbare Kristallisationsfolge seiner einzelnen Mineralien. Daß **Steffens** diesem Phänomen ein so großes Gewicht beilegte, ist durchaus verständlich, sollte es doch erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts (auf der Grundlage der Thermodynamik) eine Erklärung finden⁶.

Einen solchen "Kampf entgegengesetzter Tendenzen", wie ihn der Granit anzeige, sah **Steffens** nun "mehr oder weniger auffallend im ganzen Mineralienreich" am Werke. Durch die zahlreichen einander entgegenwirkenden "Actionen" entstünden ebensoviele unterschiedliche Modifikationen der ursprünglichen Kristallisationstendenz. Bei der Vielzahl der Formen ließen sich allerdings doch zwei grundsätzlich verschiedene unterscheiden, was zugleich eine "Entgegensetzung der Actionen ahnden" lasse: zum einen das streng Gesetzmäßige, "alle Zufälligkeit" ausschließende in der Bildung der geometrisch regelmäßig

4. Vgl. Steffens (1800), S. 143. Vgl. auch Schelling (1799a), S. 74-8.

5. Vgl. Steffens (1800), S. 143f.

6. Vgl. B. Fritscher (1991a), S. 158-83.

geformten Mineralien (wie etwa des Bergkristalls), zum anderen das "Gesetzmäßige und doch zugleich Zufällige" in der Bildung anderer, nämlich der Mineralien von "dentritischer Form" (wie sie vor allem die gediegenen Metalle zeigten)⁷. Die dentritische (verzweigte) Form sei nun aber bekanntlich im Pflanzenreich, "wo die Natur einen continuierlichen Desoxydationsprozeß unterhält", durchgehend die vorherrschende: die "Verzweigung" wurde **Steffens** so zum äußeren Ausdruck der "Reduction", wobei die gediegenen Formen von Gold und Silber gewissermaßen "den höchsten Grad der Reduction in der Natur" darstellten (und damit die am leichtesten oxidierbaren Mineralien seien). Demgegenüber deute die "stereometrische Regelmäßigkeit der Crystallisation ... auf einen gewissen Grad der Oxydation", wozu **Steffens** als Beleg auf die "Erdarten" (die schwer schmelzbaren und schwer reduzierbaren Metall- bzw. Halbmetalloxide wie etwa CaO, SiO₂, MgO) verwies, welche zweifellos "verbrannt" seien (d. h. Sauerstoff enthielten). Alle Mineralien könnten demnach in zwei "Hauptklassen" eingeteilt werden, in die "verbrannten" und die "verbrennlichen", das hieß in diejenigen, die bereits "oxydiert" sind (und deshalb "Oxygen wegstoßen") und "desoxydierte" (die "Oxygen anziehen")⁸. Id

Diese (zunächst wieder etwas spekulativ klingende) Unterscheidung zwischen 'verbrennlichen' und 'verbrannten' Mineralien hat ihren Ursprung in einem der wesentlichen Klassifikationsmerkmale der zeitgenössischen Mineralogie, nämlich dem Verhalten der Mineralien und Gesteine im Feuer⁹ (d. h. in der Brennbarkeit und der Schmelzbarkeit bzw. Unschmelzbarkeit). Und so dürfte gerade die Tatsache, daß der Quarz als unschmelzbar galt, **Steffens** veranlaßt zu haben, in ihm den höchsten Grad der Oxydation zu sehen. Li

Interessant ist diese Einteilung der Mineralien durch **Steffens** auch noch in einer anderen Hinsicht, nämlich als eine gewissermaßen romantische Form der chemischen Kristallographie. g.
Was er ansprach, ist ja nun eigentlich nichts anderes, als das

7. Vgl. Steffens (1800), S. 145.

8. Vgl. Steffens (1800), S. 145-9. Die zweite Gruppe umfaßte dann vor allem die brennbaren Substanzen (wie etwa Schwefel) sowie die gediegenen Metalle und schwefelhaltigen Erze. Vgl. hierzu auch Steffens' anonym veröffentlichten Versuch einer primär chemisch begründeten Klassifikation der Mineralien: Anonymus [H. Steffens] (1789).

9. Vgl. hierzu etwa B. Fritscher (1991a), S. 20-183.

Problem eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen der äußeren Form der Mineralien und ihrer inneren (d. h. chemischen) Beschaffenheit, ein Problem, welches dann die Mineralogie und Kristallographie bis zum Beginn unseres Jahrhunderts beschäftigen sollte.

Nachdem **Steffens** so den von **Schelling** in der Lebenswelt postulierten Gegensatz von Oxydation und Desoxydation für die Mineralwelt diskutiert hatte, versuchte er diesen jetzt auch für die gesamte Erde (d. h. für die im engeren Sinn geologischen Prozesse) zu belegen. Dabei ein Analogon für den Oxydationsprozeß zu finden, war nicht schwer. Auf unserer Erde sei einerseits ein "immerwährender Brand" im Gange, der "in und auf der Erde eine ununterbrochene Tätigkeit" unterhalte und dessen auffälligster Ausdruck der Vulkanismus sei. "Brand" ist dabei allerdings (auch hinsichtlich des Vulkanismus) nicht als unterirdisch brennendes Feuer zu verstehen, sondern eben als "ununterbrochene Oxydation"¹⁰. /i

Als Schüler **Schellings** erwies **Steffens** sich hier auch insofern, als er versuchte, Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der Vulkane festzustellen, welche er mit dem Erdmagnetismus in Verbindung brachte: "Strenge Gesetze" für die Verbreitung der "Vulkanität" ließen sich nur durch die Vergleichung mit dem Erdmagnetismus geben. Unter "gewissen bestimmt gegebenen Bedingungen" deuteten Variationen des Erdmagnetismus auf "Vulkanität" hin, und der "merkwürdige Oxydationsprozeß unseres Erdbodens" scheine so seinerseits "durch ein weit höheres, der ganzen Erde zukommendes Princip" bestimmt zu sein. Alle Geologie müsse also letztlich - "wenn sie wird was sie sein soll, und bis jetzt nie war", nämlich eine wirkliche Theorie der Erde - "vom Magnetismus anfangen"¹¹.

Der Vulkanismus sei nun aber lediglich der auffälligste Ausdruck des Oxydationsprozesses der Erde. Daneben gäbe es eine Reihe zwar langsamer wirkender, aber deshalb nicht weniger bedeutender "phlogistischer Prozesse", so etwa die (ja auch von **A. G. Werner** zu den vulkanischen Phänomenen gerechneten) /i

10. Vgl. Steffens (1800), S. 149. Die Existenz eines unterirdischen Feuers lehnte Steffens mit Rücksicht auf die dort fehlende (zur Verbrennung aber eben notwendige) "atmosphärische Luft" ab. Vgl. Steffens (1800), S. 154f.

11. Vgl. Steffens (1800), S. 153. Vgl. hierzu auch Schelling (1799a), S. 257-61.

"Erdbrände". Vor allem aber sei hier an die "Oxydation" zu denken, "die durch die Wirkung der Luft und des Wassers ununterbrochen fort auf der Oberfläche der Erde ... ohne Temperaturerhöhung oder eigentliche Verbrennung, vor sich geht", und welche durch die (an der Erdoberfläche in der Regel oxidierten) Metalle belegt sei¹².

Damit wäre also nachgewiesen, daß auch in der anorganischen Natur ein beständiger Oxidationsprozeß ablaufe. Da nun aber in der Natur "keine Action ohne ihre entgegengesetzte" existiere, müsse hier zwangsläufig auch ein "continuierlicher Desoxydationsprozeß" nachzuweisen sein, welcher den ersteren gewissermaßen unterhalte. Hierzu bezog **Steffens** sich nun auf die (von **A. G. Werner**, **T. Bergman** u. v. a. Mineralogen des 18. Jahrhunderts vertretene) Hypothese, daß die "Ursachen des vulkanischen Feuers" vor allem "Steinkohlen, Erdharze und Schwefelkiese" sind, womit sich das Problem weitgehend auf die Frage nach der Entstehung der Steinkohlen bzw. auf den Nachweis reduzierte, daß es sich hierbei um einen permanenten, noch heute andauernden Prozeß handelt¹³.

Im Anschluß vor allem an **Franz von Beroldingen** (1740-1798) nahm **Steffens** als Ursprung der Steinkohlen vor allem die Torfmoore an, daneben aber auch die "Dammerde" (Ackerkrume). Daß letztere zur Steinkohlenentstehung beitrage, sei durch deren ähnliche chemische Zusammensetzung hinreichend wahrscheinlich. Allerdings scheint der Hinweis auf die Ackerkrume hier vor allem deshalb zu stehen, weil **Steffens** die Torfmoore allein nicht hinreichend schienen, die geforderte Permanenz der Steinkohlenentstehung (d. h. des "Desoxydationsprozesses") sicherzustellen¹⁴.

Für **Steffens** war damit der Kreis geschlossen. Ebenso wenig wie die organische Natur ohne die unorganische denkbar sei, könne die unorganische Natur ohne die organische in Tätigkeit erhalten werden: "So wie die Vegetation als ein Desoxydationsprozeß der Animalisation als einem Oxydationsprozeß entgegengesetzt werden kann", so könne man "die gesamte Organisation" (d. h. jetzt: die

12. Vgl. Steffens (1800), S. 157f. (Herv. B. F.).

13. Vgl. Steffens (1800), S. 158-60. Zur angesprochenen Vulkantheorie Werners, Bergmans u. a. vgl. etwa B. Fritscher (1991a), S. 203-10.

14. Vgl. Steffens (1800), S. 160 & 162. Beroldingens Theorie der Steinkohlenentstehung ist entwickelt in Beroldingen (1778).

Tier- und Pflanzenwelt, welche gewissermaßen den 'Ausgangsstoff' der organischen Brennstoffe lieferte), als einen "Reductionsprozeß ansehen, der dem immer um sich greifenden Oxydationsprozeß entgegenarbeitet und eben dadurch Permanenz gibt", d. h. die Tätigkeit der organischen Welt setze als Bedingung ihrer Möglichkeit eine Tätigkeit der unorganischen voraus. Wir sehen also die "vollkommenste Wechselwirkung". Die Oxidation der unorganischen Natur verhalte sich zu der "Desoxydation", die durch die organische Natur unterhalten wird, "wechselseitig als Zweck und Mittel, und die Idee einer Weltorganisation dringt sich uns notwendig auf"¹⁵.

Soweit also in Kürze **Steffens** Versuch, den von **Schelling** postulierten Gegensatz zwischen der Vegetation als einem "kontinuierlichen Desoxydationsprozeß" und der "Animalisation" als einem "kontinuierlichen Oxydationsprozeß" in der anorganischen Natur nachzuweisen. Halten wir zunächst nur fest, daß **Steffens'** Grundanliegen (wie überhaupt das der romantisch-idealistischen Geologie) sich als ein Versuch darstellt, eine in erster Linie chemisch fundierte, umfassende Theorie der Erde zu formulieren, wobei 'Theorie' dahingehend zu verstehen ist, daß versucht wird, alle Erscheinungen in ein wechselseitiges Verhältnis von Zweck und Mittel einzuordnen bzw. wenigen grundlegenden Gegensatzpaaren von "Actionen" - hier eben von Oxydation und Desoxydation - unterzuordnen¹⁶.

Die geologischen Kenntnisse, die **Steffens** hier zugrunde gelegt hat, entsprechend den gängigen zeitgenössischen Auffassungen, d. h. sie verweisen hier nicht speziell auf seinen Lehrer **Werner**. Dessen konkreter Einfluß wird aber nun in **Steffens** Beiträgen zur inneren Naturgeschichte der Erde deutlich, die so

15. Vgl. Steffens (1800), S. 166f.

16. Abgesehen von Schellings lobender Besprechung der Theorie **Steffens'** (s. u.), scheint diese in der Wissenschaftsgeschichte keine weitere Wirkung entfaltet zu haben. Lediglich bei dem ebenfalls unter dem Einfluß der Naturphilosophie stehenden und vor allem als Botaniker und Zoologe bekannten Heinrich Friedrich Link (1767-1851) finden sich einige analoge Überlegungen. So erklärte auch er 1814 die Oxidation zum grundlegenden Prinzip der Erdoberfläche: "Die ganze Oberfläche der Erde zeigt uns Verbrennung oder Oxydation. ... Alle Fossilien haben einen metallischen Ursprung; sie scheinen verbrannte Metalle. ... Alles führt darauf hin, daß an der Oberfläche eine große Oxydation vorgegangen sey." Link (1814), S. 186f. Link bezog sich dabei nicht explizit auf **Steffens**. Allerdings waren beide ab 1811 Professoren in Breslau, so daß es sehr wahrscheinlich ist, daß Link hier **Steffens** Gedanken übernommen hat.

vor allem auch zeigen, wie genau die **Wernersche Geognosie** dem romantisch-idealistischen Bemühen um eine umfassende (chemische) Theorie der Erde entgegenkam. (Fast noch deutlicher wird dies dann später bei **Lorenz Oken**, auf dessen *Lehrbuch der Naturphilosophie* gleich noch näher einzugehen sein wird.)

Steffens' Ausgangspunkt in den *Beiträgen* ... war nun gerade das, was auch schon die Grundlage der chemischen Geologie **Bischofs** gebildet hatte, nämlich die "chemische Verwandtschaft" der Stoffe, d. h. die Annahme, daß es 'natürliche Verbindungen' von Stoffen gibt, die künstlich nicht - oder zumindest nicht nachhaltig - verändert werden könnten. Diesen "chemischen Verwandtschaften" zufolge könnten die "Erden" in "zwei sich entgegengesetzte Reihen" unterteilt werden, die *Kieselreihe* und die *Kalkreihe* (wozu als dritte, untergeordnete und gewissermaßen vermittelnde Reihe die *Talkreihe* kam, die hier allerdings nicht weiter behandelt wird). Wenn nun diese Reihen wirklich getrennt seien, wie es die "Versuche im Kleinen" zeigten, so müßte auch "die Natur diese Trennung .. in ihren großen Operationen zu behaupten wissen", und die "kieseligten und kalkigten Reihen" würden immer von einander entfernt gehalten werden, ohne daß je die eine Reihe ganz in die andere überginge. Und genau dies zeige nun die Geognosie **Werners** "auf das Auffallendste"¹⁷.

Die Unterscheidung von Kieselreihe und Kalkreihe stelle ein vollkommenes Analogon zu den *Formationen Werners* dar, worunter dieser die vom Mineralbestand her ähnlichen "Gebirgsarten" verstand, die sich als zusammenhängende Reihen über einzelne oder auch alle Epochen der Erdgeschichte verfolgen lassen. Der *Kieselreihe* entspricht **Werners Schieferformation**, der *Kalkreihe* die *Kalkformation*. Zur ersteren gehörten der Granit (in den Urgebirgen), der Gneis und der Glimmerschiefer (in den Übergangsgebirgen) und schließlich (in den Flötzgebirgen) die Grauwacke ("das erste, wahrhaft mechanische Präcipitat") sowie der Sandstein. Zur Kalkformation, die in der Urzeit nur "als untergeordnetes Lager" im Gneis und Glimmerschiefer vorkämen, sind der "körnige" oder "crystallinische" Kalk (i. e. der Marmor), der "dichte" Kalk (Kalkstein) und schließlich - als Repräsentanten dieser Reihe in der jüngeren Zeit - die Kreide und der Kalksinter ("der noch immer abgesetzt wird") zu rechnen. Von diesen beiden Reihen sei es vor allem die Kieselreihe, die

g.

17. Vgl. Steffens (1801), S. 14f.

"unsere feste Erdmasse ursprünglich" charakterisiert habe, die in der Urzeit chemisch, in der Übergangszeit teils chemisch, teils mechanisch und in der "Flötzzeit" fast bloß mechanisch abgesetzt worden sei. Die Kalkreihe hingegen - sie scheine durchweg "chemisch abgesetzt" zu sein - zeige sich in der Urzeit nur wenig, trete in der Übergangszeit (mit abnehmender Kohärenz und zunehmender Dichtigkeit) mächtiger hervor und werde (mit noch weiter abnehmender Kohärenz) in der Flötzzeit "die durchaus herrschende"¹⁸.

Bezüglich der Bedeutung, die diesem Gedanken der chemischen Reihen bei **Steffens** und den anderen Naturphilosophen zukam, sei hier zumindest auch kurz dessen 'naturwissenschaftliche Form' skizziert, wie sie vor allem 1837 der Münchner Chemiker und Mineraloge **Johann Nepomuk Fuchs** (1774-1856) in seiner *Theorie der Erde* ausgearbeitet hat. ~~Seiner~~ Ursprung hatte die Idee, daß der 'physische Zusammenhang' der einzelnen erdgeschichtlichen Formationen durch die chemische Zusammensetzung konstituiert bzw. die mineralogisch-petrographische Zusammensetzung der Gesteine mit ihrer Bildungszeit im Zusammenhang steht, letztlich (was **Steffens** nicht direkt deutlich machte) bei **Werner** selbst¹⁹. Sie war so bei den Chemikern und Mineralogen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts keineswegs selten zu finden²⁰. Ausführlich

18. Vgl. Steffens (1801), S. 19 & 21-3.

19. In Werners gedruckten Werken finden sich hierfür zwar kaum Belegstellen. Dort wird etwa lediglich davon gesprochen, daß sich die "Erzeugung" der "uranfänglichen Gebirge" allmählich in die der "Flötzgebirge" (und später der "aufgeschwemmten Gebirgsarten") umgeändert habe. Vgl. Werner (1787), S. 5 & 16. Allerdings hat dann sein Schüler Fuchs in seiner "Theorie der Erde" gerade seine Annahme durchgängiger Bildungsreihen der Gesteine (und zwar speziell einer Kiesel- und einer Kalkreihe) explizit mit Bezug auf Werner formuliert (woraus zu schließen ist, daß er dies in seinen Vorlesungen gelehrt hat). Vgl. Fuchs (1837), S. 10. Ein Hinweis darauf, daß Fuchs sich in seiner Theorie auch an Steffens orientierte, findet sich bei diesem nicht; er bezog sich eben allein auf Werner.

20. So findet er sich etwa auch bei C. F. Schönbein. Vgl. etwa Schönbein (1838), S. 275. Und noch 1851 heißt es bei C. G. Bischof: "Verfolgen wir die krystallinischen Gebirgsarten von den ältesten bis zu den jüngsten, so zeigt sich allerdings eine stufenweise Veränderung. Die an Kieselsäure reichsten sind die ältesten, die, in welchen Kalk, Magnesia und Eisenoxyd vorwalten, die jüngsten." Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 18. An anderer Stelle verwies Bischof auf den "abnehmenden Kieselsäure-Gehalt" der wesentlichen Feldspäte, welcher dem "Gesetz" entspreche, "welches die Geologie in Beziehung auf die successive Bildung derselben zu enthüllen scheint". Der Orthoklas, welcher zuerst gebildet worden sei, verbreite sich nicht sehr weit "in die jüngeren Formationen", während der Labrador noch "in den Laven unserer Zeit" vorkomme. In Übereinstimmung damit stehe die Beobachtung, daß das spezifische Gewicht der Feldspäte angenähert

entwickelt hat sie aber erst, wie gesagt, **Werners** Schüler **Fuchs**.

Fuchs' eigentlicher Ausgangspunkt waren, ebenso wie für **Steffens'**, die Gesetze der chemischen Verwandtschaft. Auf dieser Grundlage formulierte er gewissermaßen das 'Credo der neptunistischen Geochemie' (welches implizit auch der **Wernerschen** Geognosie zugrunde lag), wenn er feststellte, daß offensichtlich

"gleich vom Anfange an eine schöne innere Ordnung in der Schöpfung (war). Alles war nach einem festen Plane angelegt, so daß daraus nach den chemischen Gesetzen die Formationen hervorgehen konnten, welche alle Perioden von der ältesten bis zur neuesten Zeit durchlaufen, ... Die zwei genannten Säuren - Silicium- und Kohlensäure - welche sich gegenseitig ausschließen, waren über das Ganze gleichsam als Herrscher und Ordner aufgestellt, und jede führte das ihr Untergebene zum bestimmten Ziel; und indem sie dasselbe vermöge ihrer eigenthümlichen Kraft auseinander hielten, entfalteten sich zwei Hauptformationsreihen, welche ungestört neben einander hergehen und in jedem Zeitalter einander begleiten - nämlich die Formationsreihe der Siliciumsäure und die der Kohlensäure"²¹.

Fuchs unterschied also im wesentlichen zwei Reihen, nämlich die "Kieselreihe" und die "Kalkreihe" (welche letztere Bezeichnung schon **Werner** gebraucht habe). Daneben nahm er, wie ebenfalls bei seinem Lehrer vorgezeichnet, eine "Reihe des Kohlenstoffs" an, welche erst in der späteren Zeit in größeren Massen aufgetreten sei, sowie als weitere Nebenreihen die des Gipses, des Steinsalzes u. a.²².

Diese Trennung einer Kiesel- und einer Kalkreihe in der Natur, wie sie sich übereinstimmend in der Chemie und den in der Natur zu beobachtenden Lagerungsverhältnissen der Gesteine gezeigt hat, brachte **Steffens** schließlich ebenfalls in einen Zusammenhang mit der von **Schelling** angenommenen ursprünglichsten Trennung in der Natur, der von Pflanzen- und Tierwelt. "Daß das erdige Residuum des animalischen Processes immer Kalk" ist, sei hinlänglich bekannt (**Steffens** verwies auf die "Corallenbänke"). Und daß die "Pflanzen einen weit größeren Kieselgehalt" hätten, als man bisher vermutet habe, zeigten "die neuern Versuche der Chemiker". Die "Vegetation" produziere also immer "Kiesel", die "Animalisation" dagegen immer "Kalk". Und damit sei sichergestellt, daß "selbst die entgegengesetzten Wege, welche

um so größer sei, "von je neuerer Entstehung sie sind", sowie daß im allgemeinen "Kali die älteste unter den drei Basen (ist), Kalk die jüngste." Vgl. Bischof, Lehrbuch II/1 (1851), S. 292f.

21. Fuchs (1837), S. 203 (Herv. B. F.).

22. Vgl. Fuchs (1837), S. 203.

die Natur in ihren organischen Operationen verfolgt, durch ein hinterlassenes Residuum jene entgegengesetzten Reihen noch immer zu reproduzieren vermögen"²³.

Steffens setzte also auch die Kiesel- und die Kalkreihe in ein wechselseitiges (d. h. organisches) Verhältnis von Zweck und Mittel. Und damit war jetzt die Beziehung zu **Schellings** Hypothese des Gegensatzes von Pflanzen- und Tierwelt als Reduktions- und Oxydationsprozeß hergestellt, beziehungsweise zu **Steffens** - zunächst im Hinblick auf die Mineralformen und den Vulkanismus formulierter - Hypothese eines die ganze Natur beherrschenden Gegensatzes von Oxydation und Reduktion. "Es ist also gewiß, daß jene getrennten Reihen, die sich durch chemische Erfahrungen fanden, auch in der Natur im Großen als solche behaupten", und das ganze Resultat der bisherigen Untersuchung löse sich auf in einer animalisierenden und einer vegetativen Tendenz der Natur. Die "ursprünglichste Trennung die wir erkennen, ist keine andere als die zwischen Pflanzen und Tieren"²⁴.

Steffens versuchte dann weiter, die Entstehung dieses grundlegenden Gegensatzes selbst aus einer ursprünglich homogenen Masse der Erde zu erklären. Als Ausgangspunkt diente ihm - wieder ganz im Sinne **Schellings** - der Magnetismus, dessen grundlegende Bedeutung er ja schon im Zusammenhang mit den Ursachen des Vulkanismus angedeutet hatte²⁵. Darauf soll jetzt hier aber nicht weiter eingegangen werden.

Für uns geht es jetzt vielmehr darum, diesen Gedankengang **Steffens'** noch etwas genauer auf seine (impliziten) methodischen Grundlagen bzw. seine (implizite) Zielsetzung zu analysieren. Die folgende Tabelle gibt diesen Gedankengang zur besseren Verständlichkeit noch einmal in tabellarischer Form wieder; dabei soll sie vor allem **Steffens'** Grundgedanken der Scheidung der gesamten Natur (auch der anorganischen) in "Animalisation" und "Vegetation" bzw. die Bindung dieser beiden Tendenzen an

23. Vgl. Steffens (1801), S. 27, 29, 32 & 34. Steffens betonte dabei auch ausdrücklich, daß der "Kiesel" von den Pflanzen produziert werde, es sich also nicht um nur aufgenommene Stoffe handle.

24. Vgl. Steffens (1801), S. 34 & 91 (Herv. B. F.).

25. "Stickstoff und Kohlenstoff" waren ihm die "Repräsentanten des Magnetismus im chemischen Prozeß" und gleichzeitig charakterisierten sie die beiden geologischen Reihen: der Stickstoff das "Kalkreich", der Kohlenstoff das "Kieselreich". Vgl. Steffens (1801), S. 176 & 196. Vgl. hierzu dann vor allem auch Steffens (1806), S. 88-133.

Oxidation und Reduktion im Hinblick auf die (äußeren) Formen der Mineralien, das Phänomen des Vulkanismus und die chemische Geologie verdeutlichen²⁶. (Die Angaben in [] sind erläuternde Zusätze des Verf. im Sinne des Gedankengangs von **Steffens**.)

"Vegetation"

[Pflanzenreich;
Reduktion bzw.
Brennbarkeit]

kontinuierlicher Desoxydationsprozeß
(d. h. Reduktionsprozeß)

"Animalisation"

[Tierreich;
Oxidation bzw.
Unbrennbarkeit]

kontinuierlicher
Oxydationsprozeß

[Mineralformen]

Mineralien von
"dentritischer Form"
("Verzweigung")
(Schwefel, gediegene Metalle,
schwefelhaltige Erze)
[reduzierte bzw.
oxidierbare Mineralien]

"verbrennliche" (Sauerstoff
anziehende) Mineralien
[brennbare und schmelzbare
bzw. oxidierbare Mineralien]

geometrisch regelmäßige
Mineralien

(z. B. Bergkristall)

[oxidierte bzw. reduzierbare
Mineralien]

"verbrannte" (Sauerstoff
abstoßende) Mineralien
[schwer oder nicht schmelzbare
bzw. nicht oxidierbare
Mineralien]

[Vulkanismus]

Desoxydationsprozeß
der Erde

Steinkohlenbildung aus
Torfmooren und Ackerkrume

Oxydationsprozeß
der Erde

Vulkanismus, Erdbrände,
Oxydation der Mineralien
und Gesteine an der Erdober-
fläche durch Luft und Wasser

26. Etwas (nicht nur scheinbar) widersprüchlich ist dabei vor allem die Zuordnung der "Kieselreihe" zum Pflanzenreich bzw. der "Kalkreihe" zum Tierreich (insbesondere auch im Hinblick darauf, daß bei den Mineralformen der Quarz auf der Seite der "Animalisation" zu stehen kommt, bei den beiden Gesteinsreihen (als Hauptbestandteil des Granits, des Sandsteins usw.) allerdings unter der "Vegetation" erscheint. Der Grund hierfür ist, daß Steffens' Überlegungen hier vom "Kalk" (gebrannter Kalk, CaO , oder gelöschter Kalk, Ca(OH)_2) ausgingen. In diesem sieht er (bedingt durch dessen Unschmelzbarkeit und die Schwerlöslichkeit in Wasser) den höchsten 'Oxidationsgrad', d. h. die geringste Verwandtschaft zum Sauerstoff. Zusammen mit der Tatsache, daß ein großer Teil der Kalkablagerungen in der Natur tierischen Ursprungs ist, ergab dies die Zuordnung der Kalkreihe zur "Animalisation". Die Zuordnung der "Kieselreihe" zur "Vegetation" wird dann im wesentlichen mit der "gemeinschaftlichen Entgegensetzung dieser Erden gegen die alkalische Reihe" begründet. Vgl. Steffens (1801), S. 3-5 & 9.

[chemische Geologie]

Kieselreihe (Schieferformation)	Kalkreihe (Kalkformation)
Granit	Marmor
Gneis, Glimmerschiefer	Kalkstein
Grauwacke	Kreide, Kalksinter
Sandstein	
(von den Pflanzen produziert)	(erdiges Residuum der Tierwelt)

Wenngleich nun **Schelling** diesem ersten Versuch, die **Wernersche** Geognosie chemisch zu begründen, auch attestierte, daß damit "eine neue und gegründete Aussicht auf endlich sichere Grundlagen einer wissenschaftlichen Geologie" eröffnet sei²⁷, so haben doch auch schon **Steffens'** Zeitgenossen gesehen, daß dessen konkrete Umsetzung dieses Vorhabens wenig systematisch und zum Teil auch willkürlich war. **Georg Wilhelm Friedrich Hegel** (1770-1831) gestand **Steffens** zwar das Verdienst zu, dargestellt zu haben, daß eine 'philosophische' Begründung der Geognosie an dem Gegensatz von "Kieselreihe" und "Kalkreihe" anzusetzen habe, konnte aber in seinem Werk ansonsten nur die "rohen und unausgebildeten Aeußerungen einer wilden, begriffslosen Phantasie" sehen²⁸.

Hegel selbst hat eine systematischere philosophische Begründung der Geognosie allerdings mehr gefordert als tatsächlich gegeben²⁹. Er wandte sich vor allem dagegen, die Lagerungsfolge der Gesteine, letztlich eine bloße historische Gegebenheit, als ein allgemeines Gesetz gelten zu lassen. Das bloße "Nacheinander der Lagerungen macht durchaus nichts begreiflich, oder vielmehr läßt die Nothwendigkeit, das Begreifen, ganz"; die ganze Erklärungsweise sei "nichts, als eine Verwandlung des Nebeneinander in Nacheinander"³⁰. Allerdings liege in dieser Folge etwas "Tieferes": Der "Sinn und Geist des Processes" sei der "innere Zusammenhang, die nothwendige Beziehung dieser Gebilde, wozu das Nacheinander gar nichts thut"; das "allgemeine Gesetz dieser Folge von Formationen ist zu erkennen, ohne daß man dazu der Form der Geschichte bedürfte; das

27. Vgl. Schelling (1800), S. 139 (Herv. orig.).

28. Vgl. Hegel: Naturphilosophie (Werke 9), S. 471.

29. Zu Hegels 'chemischer Geologie' vgl. auch Levere (1986), hier S. 115-8; Engelhardt (1976), passim.

30. Vgl. Hegel: Naturphilosophie (Werke 9), S. 464.

ist das Wesentliche"³¹. In der Gegenwart existiere dieser "innere Zusammenhang ... als ein Nebeneinander", und er müsse "abhängen von der Beschaffenheit, vom Inhalt dieser Gebilde selbst"³². In diesem Sinne also war es, wie gesagt, auch für **Hegel** der Gegensatz der "Kieselreihe" und der "Kalkreihe", an dem eine philosophische Begründung der *Geognosie* anzusetzen hatte. **Hegels** weitere Behandlung des Problems beschränkte sich dann allerdings letztlich auf einige Postulate: Im "Urgebirge" sei "der verschiedene Charakter beider Seiten ausgezeichnet, und ein Bestimmendes". Dabei repräsentiere die "Kalkseite" die "totale Neutralität" (deren "Modificationen" deshalb auch "mehr die äußere Gestaltung, als die innerlich sich specificirende Verschiedenheit" beträfen), wohingegen bei der "Kieselformation", der der Granit zum Grunde liege, "mehr bestimmter Unterschied vorhanden" sei³³.

Sehr viel ausführlicher als **Hegel**, und dabei dann vor allem auch sehr viel systematischer als **Steffens**, hat **Lorenz Oken** (1779-1851) in seinem *Lehrbuch der Naturphilosophie* den Versuch einer philosophischen Grundlegung der **Wernerschen** Geognosie unternommen. Auch für ihn bildete **Werners** geognostische Einteilung der Gebirge den wesentlichen Ausgangspunkt. Die eigentliche Grundlage seiner 'philosophischen Geologie' war dann allerdings eine (romantisch modifizierte) aristotelische Elementenlehre, womit **Oken** auch - mehr noch als **Hegel** - die Abhängigkeit der romantisch-idealistischen Naturphilosophie (und damit indirekt auch die der "physischen Chemie" **Bischofs** und **Hunts**) vom antiken Denken offenbarte.

Bei **Oken** waren die aristotelischen Elemente (Luft, Wasser, Feuer, Erde bzw. "Äther") in eigenartiger Weise mit der klassischen Einteilung der Mineralien in Erden, Salze,

31. Vgl. Hegel: Naturphilosophie (Werke 9), S. 465 (Herv. B. F.).

32. Vgl. ebd. (Herv. B. F.).

33. Vgl. Hegel: Naturphilosophie, S. 471. Empirischer Hintergrund dieses Hegelschen Postulats ist die Beobachtung, daß die Gesteine der Kieselreihe in aller Regel aus verschiedenen, deutlich unterscheidbaren Mineralien bestehen, die der 'monomineralischen' Kalkreihe sich dagegen - wie dies auch **Steffens** dargelegt hat - lediglich als "crystallinische" bzw. "körnige", "dichte" oder mehr oder weniger lockere Modifikationen unterscheiden (s. o.).

Schwefelarten (Brenze) und Metalle bzw. Erze verbunden³⁴. Und ebenfalls mit Bezug auf die aristotelischen Elemente bzw. die unterschiedlichen Bildungsprozesse der Gesteine unterschied er die **Wernerschen** Gebirge (*Urgebirge* und *Übergangsgebirge*, *Flötz-Gebirge*, *Trapp-Gebirge* sowie *vulcanische Gebirge*) als *Ird-, Wasser-, Luft- und Feuerformation*. Dabei galten ihm - ähnlich wie **Bischof** - nur die Ur- und Übergangsgebirge als "genetische Gebirgsarten". Nur die Gesteine der "Irdformation" seien wirkliche ursprüngliche Bildungen: sie seien "durch die Crystallisationskraft des Erdelements selbst entstandene Massen". Alle anderen Formationen seien "veränderte" Gebirgsarten, die durch Umbildung aus diesen ursprünglichen Bildungen entstanden waren, wobei das Agens dieser Umbildung für die "Flötzgebirge" das Wasser war, für die "Trappgebirge" die Luft und für die "vulcanischen Gebirge" das Feuer³⁵.

Entsprechend **Oken's** Bestimmung der Aufgabe der Naturphilosophie - nämlich die Gesetze aufzuzeigen, nach welchen das "Materiale" entstand, d. h. die Entwicklung der Welt "vom Nichts an" über die Entstehung der Elemente und der Weltkörper bis zur Ausbildung der "höheren und manch[!]faltigen Gestalten" (der Mineralien, der Organismen und schließlich des Menschen) darzustellen³⁶ - war diese Einteilung als eine genetische zu verstehen. Daraus ergab sich, daß für **Oken** die anderen Einteilungskriterien der Mineralien und Gesteine, d. h. die chemische Zusammensetzung und die kristallographischen Kennzeichen von sekundärer Bedeutung sind. Von diesen beiden war wiederum die erstere bestimmend, weshalb **Oken** dann auch die Kristallform nicht als wesentliches Einteilungsprinzip der Mineralien gelten lassen wollte (vgl. hierzu auch Teil C.).

Der "Crystallisationsprozeß" (durch welchen das Erdelement entstanden sei) war nach **Oken** ein "Polarisierungsprozeß, und zwar

34. Vgl. Oken (1831), S. 88. Die Beziehung auf die alten Mineralklassifikationen äußerte sich dann vor allem auch darin, daß jetzt deren klassische - ursprünglich rein empirische - Grundlagen explizit zu naturphilosophischen Prinzipien werden. So heißt es über die Erde: "Erde also ist der Körper, der weder im Wasser, noch in der Luft, noch im Feuer veränderbar ist. Erde ist ein wasser-, luft- und feuerbeständiger Körper. Dieses ist die kurze, strenge, ganz erschöpfende und die Bedeutung ausdrückende Definition, wie sie nicht irgend eine sogenannte empirische Wissenschaft, sondern wie sie nur die Philosophie geben kann." Vgl. Oken (1831), S. 93.

35. Vgl. Oken (1831), S. 100.

36. Vgl. Oken (1831), S. 1.

von einem Centrum aus", weshalb es auch "keine wirkliche Decrescenzen in der Crystallgenese" gebe; diese seien vielmehr "nur der mathematische Ausdruck für die fertige Form des Crystals"³⁷. In diesem Sinne wandte **Oken** sich gegen die Annahme mehrerer Grundformen der Kristalle; er ging von einer bis ins Innerste vorliegenden Kristallisation der festen Körper aus, d. h. "jedes Blättchen, oder jedes Theilchen des Crystallblättchens besteht wieder aus Crystallen", den "Integraltheile" bzw. den "Integralformen des Crystals"³⁸. Man *len* habe deshalb

"mit Unrecht die Crystallographie zum Eintheilungsprincip der Mineralogie gemacht. ... Wenn es auch wirklich *ja* wäre, daß die Form sich immer nach dem Inneren richte; so dürfte die Form doch nicht Eintheilungsprincip werden, sondern das Innere selbst. Die Form wäre nur ein Kennzeichen, aber nicht der Geist, das Wesen der Masse"³⁹.

Bedeutender sei demgegenüber das "chemische Eintheilungsprinzip". Es bilde die eigentliche Grundlage der Mineralogie. Diese lehre ja die "Entwicklung des Erdelements", und dessen "totale Veränderungen, oder verschiedenen Zustände" würden als "Mineralien oder Irden" bezeichnet. Das "chemische Eintheilungsprinzip" selbst sind dann die von **Oken** angenommenen Grundstoffe Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; so ergab etwa Kohlenstoff mit Wasserstoff verbunden die "Brenzen" oder Kohlenstoff mit Sauerstoff verbunden die "Erden"⁴⁰. Aber auch diese "chemische Eintheilung" der Mineralien in Metalle bzw. Erze, Brenzen, Erden und Salze erlaube letztlich keine "strenge Anordnung", indem die genannten Mineralien auch anders aufeinander folgen könnten. Die "einzig wahre Eintheilung" war deshalb für **Oken** die

"genetische, welche nemlich auf die wechselseitige Einwirkung der ganzen Elemente gegründet ist. Sie ist selbst der letzte Grund der chemischen Eintheilung"⁴¹.

37. Vgl. Oken (1831), S. 79 & 81.

38. Vgl. Oken (1831), S. 82. Oken nahm hier offensichtlich auf Haüy's "molécules intégrantes" Bezug, wobei er allerdings nur eine Form für diese annimmt (nämlich das Hexaeder).

39. Oken (1831), S. 82. Im Anschluß an Oken hat dann auch T. S. Hunt in der Kristallform - deren Bedeutung für die beschreibende Mineralogie er durchaus zugesteht - nur "the least essential or most accidental form of the mineral species" sehen können. Vgl. Hunt (1891), S. 24.

40. Vgl. Oken (1831), S. 85f.

41. Oken (1831), S. 86.

Auf dieser Grundlage also entwickelte **Oken** seine Geologie als eine "Bildungsgeschichte des Planeten". Die Geologie war ihm die "Lehre von dem Bau des Planeten, also von der Gestalt und von den Organen oder Gliedern desselben", und diese "Organe des Planeten sind die Gebirgsarten"⁴². Die wesentlichen Elemente dieser Geologie waren bereits skizziert worden, nämlich zum einen die Unterscheidung zwischen den genetischen (d. h. durch einen chemischen Prozeß niedergefallenen) und den nachträglich durch die Einwirkung der anderen Elemente veränderten Gebirgsarten, und zum anderen die Übernahme der **Wernerschen** Klassifikation der Gebirgsarten bzw. deren 'Parallelisierung' mit den genannten Mineralklassen bzw. den aristotelischen Elementen (s. o.). Wesentlich für **Oken** war weiter die Zuordnung von spezifischen Bildungsprozesse bzw. von "Actionen" zu den einzelnen Mineralklassen: Den Erden wurde die "Crystallisation" zugeordnet, die Erze brachte er mit dem Magnetismus in Zusammenhang und die Brenzen mit dem "Electrismus", die Salze schließlich mit dem "Chemismus"⁴³. Mit **Okens** eigenen Worten gesagt:

"Die geistige Thätigkeit, die Seele der Erden hat sich in der Crystallisation kund gethan, der Geist der Metalle im Magnetismus, der der Brenze im Electrismus. Auch die Kalkperiode ist die Erscheinung einer eigenthümlichen Thätigkeit, deren letztes Erzeugnis das Salz ist"⁴⁴.

Durch die "Crystallisationskraft des Erdelements selbst" bzw. durch chemischen Niederschlag entstanden sind also lediglich die Gesteine der "Irdformation" (d. h. die "Ur- und Uebergangsgebirge")⁴⁵. Die anderen Gesteine der **Wernerschen** Abfolge seien durch Veränderung (mittels Wasser, Luft oder Feuer) bzw. durch einen "präcipitierenden Prozeß" entstanden. Auch die Metalle, Brenzen und Salze galten **Oken** nicht als ursprüngliche Bildungen.

Zur besseren Verständlichkeit seien **Okens** Klassifikation der Mineralien und Gesteine sowie deren erdgeschichtliche Gliederung noch einmal in tabellarischer Form wiederholt. Die erste

42. Vgl. Oken (1831), S. 96.

43. Dieser "Chemismus" ist nicht zu verwechseln mit der ursprünglichen "Crystallisation" der Ur- und Uebergangsgebirge. Er ist aber insofern "Nachbild der Urschöpfung", als auch jene ursprünglichen Gesteine durch einen chemischen Prozeß niedergefallen sind. Vgl. Oken (1831), S. 138.

44. Oken (1831), S. 137.

45. In diesem Sinne ist es dann auch zu verstehen, wenn Oken die Erde insgesamt als einen "Kristall" ansah. Vgl. Oken (1831), S. 96f.

Zusammenstellung veranschaulicht die systematische Entsprechung der Mineral- und Gesteinsklassen **Oken**s mit den (aristotelischen) Elementen, den klassischen Mineralklassen (wie sie etwa von **Avicenna**, **Paracelsus** oder **Agricola** unterschieden worden waren) und **A. G. Werners** Einteilung der Gebirgsarten. Die zweite Tabelle zeigt die erdgeschichtliche Abfolge der Mineral- und Gesteinsklassen sowie die zugehörigen Bildungsprozesse bzw. die diese jeweils dominierenden "Actionen".

<u>Elemente</u>	<u>Traditionelle Mineral-Klassen</u>	<u>Mineral-Klassen nach L. Oken</u>	<u>Gebirgsarten nach A. G. Werner</u>	<u>Gebirgsarten nach L. Oken</u>
(Erde)	Erden/Steine	Irdminerale	Ur- u. Übergangsgebirge	Irdformation
(Wasser)	Salze	Wasserminerale	Flötzgebirge	Wasserformation
(Luft)	Brenze/ Schwefelarten	Luftminerale	Trapp-Gebirge	Luftformation
(Feuer)	Erze/Metalle	Feuerminerale	vulkanische Gebirge	Feuerformation

<u>Mineral- bzw. Gebirgs- Klasse nach L. Oken</u>	<u>Bildungsprozeß bzw. "Action"</u>
Irdminerale (Erden)	Kristallisation
Irdformation (Ur- und Übergangsgebirge)	Niederschlag durch chemischen Prozeß
Wasserformation (Flötzgebirge)	Niederschlag durch präcipitierenden Prozeß
Luftformation (Trapp-Gebirge)	"
Feuerformation (vulkanische Gebirge)	"
Feuerminerale (Erze/Metalle)	Magnetismus
Luftminerale (Brenze)	Elektrismus
Wasserminerale (Salze)	Chemismus

Aus dieser kurzen Skizze der **Oken**schen Mineralogie bzw. Geologie ergibt sich nun auch, daß der Gedanke der 'chemischen Reihen' - obwohl er auch hier vereinzelt auftauchte⁴⁶ - bei **Oken** nicht die maßgebliche Rolle spielte wie bei **Steffens** und **Hegel**. **Oken** betonte sehr viel stärker die spezifischen Bildungsprozesse der einzelnen Formationen und damit eben auch die Abgrenzung der jeweils zugehörigen Bildungsperioden gegeneinander. In diesem Sinne erhielt bei ihm etwa die **Wernersche** Unterscheidung zwischen den beiden Perioden des chemischen und des mechanischen

46. So heißt es etwa über den Sandstein, er sei die "Kieselbildung wiederkehrend in der Flötzperiode". Vgl. Oken (1831), S. 111.

Niederschlags ein sehr viel größeres Gewicht als bei den beiden anderen Naturphilosophen⁴⁷.

Für **Oken** war die Entwicklungsgeschichte der Erde nicht von einem durchgängigen Bildungsprozeß bestimmt, sondern er verstand diese als eine Abfolge verschiedener Bildungsprozesse. Diese folgten allerdings nicht zufällig und 'regellos' aufeinander, sondern sie standen in einer notwendigen historischen Abfolge, d. h. der Abschluß der jeweils vorhergehenden Bildungsperiode war gewissermaßen die notwendige Voraussetzung des Beginns der nächstfolgenden Bildungsperiode. In diesem Versuch, die spezifischen Bildungsbedingungen der einzelnen erdgeschichtlichen Perioden festzulegen, wurde dann auch eigentlich **Oken** - verglichen mit **Hegel** und **Steffens** - zum genauesten Interpreten der **Wernerschen** Lehre. Er war es, der sich - mehr noch als die beiden anderen - die Frage stellte, warum denn nun - wie es **Werners Geognosie** postulierte - die Kieselerde als erste ausfallen mußte und erst später die Kalkerde niederfallen konnte, oder auch, warum die Flötzgebirge erst entstehen konnten, als festes Land vorhanden war⁴⁸. In Übereinstimmung mit der Klassifikation der Mineralien war es also auch bei den geologischen Bildungen primär die Genese, welche deren systematischen Zusammenhang konstituierte. Der chemische Zusammenhang war demgegenüber nur an zweiter Stelle bestimmend, und dementsprechend spielte dann eben bei **Oken** auch der Gedanke der chemischen Reihen, wie zu Beginn gesagt, nicht die

47. Die erstere war ihm die Zeit, in welcher die "Grunderden herrschten"; mit ihrem Ende sei das, "was auf chemischem Wege vom Erdigen aus dem Wasser geschieden wurde, ... größtentheils niedergeschlagen" und damit dieser Prozeß "im Ganzen vollendet". Die sich anschließende Periode (also die des mechanischen Niederschlags) stehe dagegen unter der Herrschaft des "präcipitierenden Prozesses", welchen er als "Polarisierungsprozeß" mit mehreren Stufen verstand, der so also "Zeitmomente" enthalte. Vgl. Oken (1831), S. 110 & 114. Auch die Entstehung der Urgebirge geschieht letztlich durch Präcipitation. Zur Unterscheidung dieser beiden "Präcipitationsperioden" muß hier der Hinweis genügen, daß diese einmal damit zusammenhängt, daß die "Erden" im Urwasser weder chemisch noch mechanisch, sondern vielmehr dynamisch "eingehüllt" waren, und zum anderen mit Okens Abgrenzung der "Kiesel-, Thon- und Talkerde" als "identische oder Grund-Erden" von der "innerlich zerrissenen Kalkerde" zusammenhängen. Vgl. Oken (1831), S. 100 & 103.

48. Vgl. Oken (1831), S. 103 & 114f.

herausragende Rolle wie etwa bei **Steffens** oder bei **Hegel**⁴⁹.

Zusammenfassend stellt sich das Grundanliegen der romantisch-idealistischen Philosophen bezüglich der Geologie als der Versuch dar, eine umfassende, alle Zweige der Geowissenschaften mit einschließende und vor allem chemisch begründete Theorie der Erde zu schaffen. **Schelling** vor allem hat dies mit Bezug auf **Steffens'** Theorie explizit gemacht. Ebenso wie "durch den einzelnen chemischen Prozeß" sei "noch vielmehr durch den chemischen Prozeß im Großen" die "Spur der höhern Kräfte" bezeichnet, "auf welchen die Construction eines jeden Ganzen beruht"⁵⁰. In einer solchen chemischen Begründung der Theorie der Erde könne man nun allerdings einen doppelten Weg nehmen: man könne entweder, wie **Steffens** dies getan habe,

"von der untersten Stufe der Kräfte, und der größten Erscheinung, der chemischen nämlich, ausgehen, und von da aus durch Schlüsse sei es aus Analogie, oder aus allgemeinen Prinzipien bis zu den obersten Kräften gelangen, von welchen alles regiert wird, oder man kann umgekehrt von der höchsten Stufe ausgehen, und so allmählich bis zur äußersten Grenze des dynamischen Naturreichs, wo die mechanischen Kräfte erst anfangen können, wirksam zu sein, herabsteigen"⁵¹.

Diesen zweiten Weg hat **Oken** zu gehen versucht. Und für **Werner** und **Fuchs** gilt dann, was **Schelling** über die Mehrzahl der "Physiker" seiner Zeit sagte, daß es diesen nämlich dieses Sinnes für das "dynamische" entbehre (ebenso wie vielen "Philosophen" des Sinnes für das diesem in der Philosophie entsprechende "transzendente"). Für die "Physiker" gäbe es nun einmal

"nichts höheres, als das chemische, und anstatt dieses auf Kräfte zu reduzieren, suchen sie vielmehr auch die geistigen Äußerungen des ersten zu der Materialität des letztern

49. Hegel hatte deutlich gemacht, daß die Lagerungsfolge der Gesteine keine notwendige sei, denn "die Zufälligkeit hat ihr Spiel dabei", d. h. für ihn konstituierte sich der innere Zusammenhang in erster Linie durch den "Inhalt" bzw. die "Beschaffenheit" der einzelnen Gesteine, weniger durch den Bildungsprozeß oder die Bildungsperiode. Vgl. Hegel: Naturphilosophie, S. 465. Und dies gilt dann natürlich vor allem auch für die Chemiker und Mineralogen. Fuchs wollte "in den Gebirgen nicht eine bestimmte Reihenfolge der verschiedenen Gebirgsarten suchen", da sich die verschiedenen Glieder einer Reihe mehr oder weniger gleichzeitig bilden könnten. Vor allem "die beständig in einander sich verlaufenden Glieder der Kieselreihe, ... besonders die älteren und gemengten", seien nur wie "Varietäten Einer Formation zu betrachten, und nicht so streng wie die Mineralspecien zu unterscheiden". Vgl. Fuchs (1837), S. 204 (Herv. orig.).

50. Vgl. Schelling (1800), S. 140.

51. Schelling (1800), S. 140 (Herv. orig.).

herabzuziehen. ... Alle ihre physikalischen Erklärungen, von denen der einfachsten Erscheinungen an, bis zu denen der kompliziertesten der organischen sind im Grunde betrachtet, chemisch, und bei diesen bleiben sie stehen, ohne zu denken, daß auch diese erklärt sein wollen"⁵².

So spekulativ dies nun in der konkreten Formulierung auch klingen mag, im Grunde wird hier nichts anderes gesagt, als daß es nicht genüge, bei den "chemischen Erscheinungen" stehen zu bleiben (d. h. die Natur nur durch chemische 'Effekte' erklären zu wollen), sondern daß jene auch selbst (physikalisch) "erklärt" werden müßten. Auf die Geowissenschaften bezogen kann dies als Forderung nach einer physikalisch begründeten Geochemie (beziehungsweise überhaupt einer physikalischen Chemie) als Grundlage einer 'wissenschaftlichen' Theorie der Erde interpretiert werden.

In diesem Sinne waren es die Romantiker, die am ehesten sahen, worin das eigentliche Manko der zeitgenössischen Chemie im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Geowissenschaften bestand, nämlich im Fehlen einer wirklichen Erklärung der 'physikalischen Kräfte', besonders einer physikalischen Wärmelehre, bzw. einer wirklichen physikalischen Chemie. **Steffens** etwa stellte fest, daß zuerst "Theorien des Lichts, der Wärme, der Elektrizität, des elektrisch-chemischen Prozesses, aus einer scharfen Kritik hervorgehen" müßten, bevor eine "wirkliche Geschichte der Erde" entwickelt werden könne⁵³. Und **Novalis** wies in die gleiche Richtung, als er fragte, wodurch sich "die Wirkungen der Wärme ersetzen" ließen:

"Durch Elektrizität. Durch Geschwindigkeit. Durch Druck. Durch chemische Verwandtschaften"⁵⁴.

Nimmt man hier jetzt noch **Schellings** bereits angedeutete "erste Maxime aller wahren Naturwissenschaft" (d. h. der spekulativen Physik) hinzu, nämlich "alles auch aus Natur-Kräften zu erklären"⁵⁵, und betrachtet man sich dann etwa einige der programmatischen Äußerungen des amerikanischen Geologen **Charles Richard Van Hise** (1857-1918) im Vorfeld der Gründung des *Geophysikalischen Laboratoriums* der *Carnegie Institution* in Washington, so meint man geradezu **Schelling** oder auch **Oken** sprechen zu hören, wenn **Van Hise** schrieb:

52. Schelling (1800), S. 141 (Herv. B. F.).

53. Vgl. Steffens (1821) I, S. 83f.

54. Novalis: Fragmente und Studien 1799-1800, S. 631 (Fragment 481).

55. Vgl. Schelling (1799b), S. 273.

Tw

"The purpose of a geophysical laboratory is to take possession of the vacant ground between geology and physics and geology and chemistry. So long as geology remained a descriptive science, it had little need of chemistry and physics; but the time has now come when geologists are not satisfied with mere description. They desire to interpret the phenomena they see in reference to their causes - in other words, under the principles of physics and chemistry. ... This involves cooperation between physicists, chemists, and geologists. If such cooperation be undertaken in a systematic way upon an adequate scale, it is believed that there will be a greater revolution in the science of geology than it has hitherto undergone. Instead of being a descriptive science, it will be a science reduced to order under the principles of physics and chemistry, or, more simply, under the laws of energy"⁵⁶.

Dies ist nun allerdings letztlich nur eine mehr oder weniger zufällige terminologische Ähnlichkeit. Dabei ist es jetzt gar nicht die Frage, ob nicht **Van Hise** möglicherweise - wenn auch nur mittelbar - von der romantisch-idealistischen Naturphilosophie beeinflusst war⁵⁷. Trotzdem könnte die Geochemie der Moderne - und dies soll hier eigentlich gesagt werden - nur sehr bedingt als Fortsetzung der romantisch-idealistischen Vorstellungen interpretiert werden⁵⁸. Dies gilt schon allein bezüglich des völlig unterschiedlichen sozial- und kulturgeschichtlichen Kontextes, d. h. gerade das Geophysikalische Laboratorium in Washington steht für eine völlig andere 'Kultur der Mineralogie' als etwa **L. Oken**.

Daneben - oder vielleicht besser: als Folge davon - sind es dann vor allem zwei Gründe, die gegen eine solche Weiterführung der Romantik und des Idealismus in die Moderne sprechen. Die

56. Van Hise (1904a), S. 173 (Herv. B. F.); vgl. auch S. 184. Ausführlich dargelegt hat Van Hise diese 'neuen Prinzipien der Geologie' vor allem in Van Hise (1904b), hier insbesondere S. 589-93. Vgl. weiter Van Hise (1904c), S. 32 u. ö.

57. Für diese Annahme sprechen nicht nur die in der vorhergehenden Anm. zitierten Arbeiten, sondern vor allem auch seine Freundschaft mit dem amerikanischen Historiker Frederick Jackson Turner (1861-1932). Vgl. hierzu vor allem B. Fritscher: The fabrication of rocks. Traces of modernity in mineralogy and geochemistry (im Druck). Zur Beziehung Van Hise/Turner vgl. auch Vance (1960), S. 60-2 & 74f.

58. Das Folgende ist jetzt mit Bezug auf die Geochemie der Moderne formuliert. Es darf aber auch mit Bezug auf den von Seiten der Kunst- und Literaturwissenschaft sowie neuerdings auch der Soziologie gerne betonten Gedanken von der Romantik als einem wesentlichen Vorgriff der Moderne gelesen werden. Vgl. in dieser Hinsicht etwa Luhmann (1995), S. 234f., 285f., 455-8 u. ö. Vgl. ferner W. Fritscher (1996). Es ist eben meiner Ansicht nach nicht unproblematisch, das Verhältnis von Romantik und Moderne zu verstehen, wenn dabei die romantisch-idealistische Naturforschung mehr oder weniger übergangen wird.

Naturphilosophen forderten zwar eine 'physikalisch' begründete (Geo)Chemie, sie blieben dabei aber doch einem klassischen (aristotelischen) Naturbegriff verhaftet. Ihre Konzepte von einer chemisch begründeten Theorie der Erde basierten wesentlich - wie auch die chemische Geologie **Bischofs** und **Mohrs** - auf der Annahme der Existenz 'natürlicher chemischer Verwandtschaften'. Aber gerade die Auflösung dieser Annahme sollte die Basis der neuen physikalischen Chemie und damit der Geochemie der Moderne bilden⁵⁹.

Ein zweiter Grund ist der Begriff der Kraft bei den romantisch-idealistischen Naturphilosophen. Auch er stand eben dem antik-mittelalterlichen Denken letztlich näher als dem der Moderne. Die 'Kräfte' der romantisch-idealistischen Naturphilosophen waren - ebenso wie diejenigen **F. Mohrs** (vgl. Kap. B. 3. 2.) - noch eher die aristotelischen Qualitäten als die moderne Energie. Die romantische 'Einheit von Kraft und Materie' ist eher als Analogon der aristotelischen Einheit von Form und Materie⁶⁰ zu sehen, denn als Analogon der modernen Identität von Energie und Materie (vgl. hierzu auch Teil C.). In diesem Sinne sprach **Schelling** von den "Kräften" als den "geistigen Äußerungen" des "Materiellen" bzw. des "chemischen" (s. o.), und in diesem Sinne bestimmte **Oken** die "Polarität" als eine "aus zwei Prinzipien bestehende Kraft"⁶¹. Unabhängig davon, wie weit Kräfte und Materie als notwendig verbunden betrachtet wurden, und auch unabhängig davon, wie weit die verschiedenen Kräfte auf eine gemeinsame 'Grundkraft' zurückgeführt wurden: letztlich blieben beide doch zwei verschiedenen 'Sphären' - dem Geistigen und dem Materiellen - zugeordnet. Erst die Moderne hat die Einheit von Materie und Kraft/Energie wirklich hergestellt, indem sie die Trennung dieser beiden Sphären aufhob - oder besser gesagt: indem ihr beide, im doppelten Sinn des Wortes, 'gleich-gültig' geworden sind. Und eben diese 'Gleich-Gültigkeit' wird uns nun u. a. im letzten Kapitel zu beschäftigen haben.

59. Vgl. hierzu vor allem B. Fritscher (1991a), S. 253-282.

60. Vgl. hierzu etwa auch Bloch (1963), S. 113.

61. Vgl. Oken (1831), S. 19.

C. DER VERLUST DER NATUR: BAUSTEINE ZU EINER HISTORISCHEN
ANTHROPOLOGIE DER MODERNE

"The third doctrine is that Life imitates Art far more than Art imitates Life. ... It follows, ..., that external Nature also imitates Art. The only effects that she can show us are effects that we have already seen through poetry, or in paintings"¹.

"Die vom Geiste aus der Vorratskammer der Materie herausgerissenen Verkörperungsformen lassen sich leicht zwischen zwei Pole ordnen: Diese zwei Pole sind:

1. die große Abstraktion,
2. die große Realistik.

Diese zwei Pole eröffnen zwei Wege, die schließlich zu einem Ziel führen. ... Diese beiden Elemente waren in der Kunst immer vorhanden, wobei sie als das 'Reinkünstlerische' und das 'Gegenständliche' zu bezeichnen waren"².

Gegenstand der vorliegenden Schrift waren eine Reihe einzelner Kulturen der Mineralogie und Chemischen Geologie gewesen, in denen sich der Prozeß der Herausbildung einer Moderne in den Geowissenschaften in jeweils bestimmter - und zum Teil sehr unterschiedlicher - Art und Weise manifestierte. Im Anschluß daran sollen nun hier noch einmal einige 'Zentralmotive'³ der (geowissenschaftlichen) Moderne aufgegriffen und gewissermaßen exemplarisch einige mögliche Verbindungslinien zu einer historischen Anthropologie der Moderne diskutiert werden⁴. Als

1. O. Wilde (1891), S. 266.

2. W. Kandinsky (1912b), S. 147f.

3. Zur Bedeutung dieses aus der Literatur- und Kunstgeschichte entlehnten Begriffs vgl. exemplarisch Frank (1985).

4. Zu dieser Zielsetzung vgl. vor allem auch die Konzeption einer "historische Anthropologie" des russischen Historikers A. J. Gurjewitsch. Diese basiert wesentlich auf der These, daß die Kulturgeschichte (und damit auch die Wissenschaftsgeschichte) nicht allein aus der Sozialgeschichte erklärt werden kann, sondern vielmehr diese selbst erst auf der Grundlage der Kulturgeschichte verständlich wird. Vgl. Gurjewitsch (1980), S. 9; vgl. auch S. 11 & 24-7.

Leitmotiv hierfür steht die These vom Verlust der Natur als einem grundlegenden Bestimmungsmoment von Moderne. Sie bildet gewissermaßen den Oberbegriff, dem sich die meisten der hier bzw. im Vorhergehenden diskutierten Bestimmungsmomente von Moderne in einem weiteren Sinne zuordnen lassen⁵. g.

Inhaltlicher Schwerpunkt ist die zentrale Frage der Mineralogie und Kristallographie des 19. Jahrhunderts, nämlich die nach dem Zusammenhang von chemischer Zusammensetzung und Kristallform der Mineralien. Hierbei wird zunächst darzulegen sein, daß diese Frage nicht nur eine naturwissenschaftliche war, sondern daß sie implizit auch konstituiert war durch eines der ältesten Probleme der Naturphilosophie, nämlich die (aristotelische) Frage nach dem Verhältnis von Stoff/Materie (hyle) und Form (morphe).

In dieser Perspektive lassen sich eine Reihe von Aspekten der Entwicklung der Chemischen Kristallographie und auch der Chemischen Geologie im 19. Jahrhundert als Teil eines umfassenderen Prozesses im Rahmen der Herausbildung der Moderne verständlich machen, den man - in einer etwas spezifischeren Formulierung der These vom Verlust der Natur - als das Verschwinden der Materie um 1900 umschreiben könnte. Dieser Prozeß bedeutete gewissermaßen die Auflösung des aristotelischen Gegensatzes von Stoff und Form bzw. die Ablösung der aristotelischen Form durch die moderne Energie. Und mit Bezug auf diesen Prozeß ließe sich dann der Gegensatz von Klassik und Moderne etwa dahingehend formulieren: Das Zauberwort der Klassik war die Form, das der Moderne ist die Energie. Das essentiell verbundene Gegensatz- bzw. Komplementärpaar der Klassik war Form und Materie, das der Moderne ist Energie und Materie. g.

Betrachten wir uns die Entwicklung der Chemischen Kristallographie von **Groth** bis zu **V. M. Goldschmidt** und dabei vor allem auch die hierzu parallele Entwicklung der alternativen Kulturen der Mineralogie bei **V. Goldschmidt**, **G. Tschermak** und **O.**

5. Vgl. hierzu exemplarisch Hofmann (1970); Die Erfindung der Natur (1994); Asendorf (1989). In diesem Sinne ließe sich jenes Leitmotiv dann natürlich auch anders formulieren. So könnte man etwa - je nachdem, von welcher Seite man das Problem betrachtet - auch von der "Erfindung der Natur" oder von der "Befreiung" (nicht nur, aber auch) von der Natur sprechen. Die gewissermaßen soziologische Formulierung dieses Leitmotivs wäre dann etwa die These vom "Verlust der Lebenswelt" bzw. M. Webers Formel von der 'Entzauberung der Welt' als der gesellschaftlichen Folge der Instrumentalisierung bzw. Technisierung der modernen Welt. g.

Lehmann, so zeigt sich diese, vereinfacht ausgedrückt, in dem eben angedeuteten Sinn als ein Übergangsprozeß von einem zunächst primären Interesse an der 'Materie' bzw. der 'Substanz' der Mineralien und Gesteine zur Untersuchung ihrer 'Form' und schließlich zu den bei ihrer Bildung wirkenden 'Kräften' bzw. ihren 'energetischen Zuständen'. Noch deutlicher zeigt sich speziell die 'neue Herrschaft der Energie', wenn man etwa die chemische und physikalische Chemie **C. G. Bischofs** mit jener Konzeption einer chemisch und physikalisch begründeten Geologie vergleicht, wie sie am Ende des 19. Jahrhunderts **C. R. Van Hise** im Vorfeld der Gründung des Geophysikalischen Laboratoriums in Washington entwickelt hat.

Dieses Verschwinden der Materie charakterisierte nun aber eben nicht nur die Naturwissenschaften um 1900. Ein analoger Prozeß läßt sich - und hier liegt der eigentliche Ansatzpunkt für eine historische Anthropologie der Moderne - in der Geschichte der Literatur und vor allem der Kunst aufzeigen⁶. Dies soll also in einem abschließenden Teil zumindest kurz skizziert werden.

Zum Verständnis des Folgenden ist nun zunächst ein etwas genaueres Eingehen auf die aristotelische Bestimmung des Verhältnisses von Materie und Form bzw. dessen Weiterentwicklung in der neuzeitlichen Naturphilosophie erforderlich. Daß diese Überlegungen hierbei keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben können, bedarf eigentlich keiner gesonderten Erwähnung.

Das Begriffspaar *Form* (*eidos* bzw. *morphe/forma*) und *Materie* (*hyle/materia*) geht, wie gesagt, auf **Aristoteles** zurück. Dieser führte es - zusammen mit den Begriffen *Akt* (*energeia/actus*) und *Potenz* (*dynamis/potentia*) - ein, um zum einen die spezifischen Unterschiede der Dinge, vor allem aber die ständige Veränderung bzw. den Prozeß des Entstehens und Vergehens in der Welt der natürlichen Dinge erklären zu können⁷. Die Frage war, wie ein Werden und Vergehen in der sichtbaren Natur überhaupt möglich sei, wenn weder Nichts aus dem Nichts entstehen, noch ein

6. Vgl. hierzu bzw. zum Begriff des 'Verschwindens der Materie' vor allem Asendorf (1989). Vgl. auch Asendorf (1984).

7. Vgl. hierzu und zum Folgenden Hartmann (1941), hier insbesondere S. 7-15; Kullmann (1974), hier S. 38-40 & 270f. Vgl. ferner Bloch (1963), passim. Zur Geschichte der Begriffe vgl. weiter den Artikel "Form und Materie" in Historisches Wörterbuch der Philosophie II, Sp. 977-1030.

Seiendes ins Nichts vergehen könnte⁸. Diese sogenannte *eleatische* Aporie versuchte **Aristoteles** durch die Unterscheidung von Materie und Form zu lösen: Die Materie ist das Zugrundeliegende, die selbst unveränderliche 'Grundsubstanz', an welcher sich die Veränderung vollzieht. Demgegenüber steht die spezifische Gestalt oder Form (*eidos* bzw. *morphe*), welche das sich verändernde bzw. entstehende Ding (am Ende des Entstehungsprozesses) annimmt⁹. In Verbindung mit der These, daß alles Seiende entweder als ein nur der Möglichkeit nach (d. h. potentiell) Seiendes, oder aber als ein der Wirklichkeit nach (aktuell) Seiendes betrachtet werden könnte, verhielten sich Form und Materie zueinander wie Wirklichkeit (*actus*) und Möglichkeit (*potentia*)¹⁰.

Form und Materie sind notwendig verbunden, d. h. beide können weder unabhängig voneinander existieren, noch sind es die Materie oder die Form allein, welche sich verändern: was entsteht und vergeht ist das aus beiden zusammengesetzte Einzelding. Nicht ganz eindeutig ist die Frage beantwortet, welchem der beiden Bestimmungsmomente in Bezug auf die Substanz bzw. das Wesen (*usia*) des Einzeldings der Vorrang zu geben sei. Im Hinblick darauf, daß die Form für das Notwendige, Unveränderliche und Allgemeine bzw. die Wirklichkeit der veränderlichen Dinge stand, scheint sie in höherem Maße Naturbeschaffenheit zu sein als der Stoff. Allerdings erlauben manche Formulierungen bei **Aristoteles** auch den Schluß, daß vor allem die Materie das Wesen des Dinges bestimmte¹¹. Hinzukommt eine gewisse Doppelgestaltigkeit vor allem des Form-Begriffs. Bei **Aristoteles** steht hierfür in der Regel *eidos*, und dies ist bekanntlich jener Begriff, der bei **Platon** für die *Ideen* oder *Urbilder* stand, weshalb die *Form* des **Aristoteles** (nicht zu Unrecht) als das eigentliche platonische Erbe in seiner Philosophie gilt¹². Andererseits bezeichnet *eidos* in der Zoologie auch die Art (*species*) bzw. die spezifische Differenz im Gegensatz zur Gattung (*genos/genus*)¹³ (deren

8. Vgl. Aristoteles: Physik I,8. 191a25-b34.

9. Vgl. Aristoteles: Physik I,7. 190a13-191a1.

10. Vgl. Aristoteles: Physik I,8. 191b27-9. Vgl. hierzu auch Aristoteles: Metaphysik IX,6. 1048b3-12.

11. Vgl. etwa Aristoteles: Metaphysik VII,3. 1043a29-b24.

12. Vgl. etwa Hartmann (1941), S. 3-7.

13. Vgl. Aristoteles: Historia animalium I,6. 491a4.

Dementsprechend erscheint der Begriff auch in der bekannten Unterscheidung der Gattung der unterirdischen Stoffe in zwei Arten, nämlich die Mineralien (*orykta*) und Metalle (*metalleuta*). Vgl. Aristoteles: Meteorologie III,6. 378a19-21.

Analogon damit die Materie ist)¹⁴. Die Form - und damit auch die Frage ihres Verhältnisses zur Materie - verweist so bei **Aristoteles**, und hierin liegt eben ihre Doppelgestaltigkeit, auf der einen Seite (als Bestimmung des Verhältnisses der Grundsubstanz der Dinge zu ihren 'Urbildern') auf die Metaphysik, auf der anderen Seite (als Methode der Beschreibung und Klassifikation der sinnlich wahrnehmbaren Naturdinge) auf die empirische Naturgeschichte¹⁵.

Wesentlich für die spätere Diskussion des Verhältnisses von Form und Materie - nicht zuletzt in der Mineralogie - ist dann vor allem deren Verbindung mit der Lehre von den 'verursachenden Qualitäten' (*dynameis/qualitates*), welche **Aristoteles** insbesondere im vierten Buch der *Meteorologie* entwickelt hat¹⁶. Er unterschied dort vier solcher Qualitäten: zwei aktive (Warm und Kalt) und zwei passive Qualitäten (Trocken und Feucht)¹⁷. Die beiden ersteren sind verantwortlich für Wachstum und natürliche Veränderung, die beiden letzteren das der Formbestimmung Unterworfene, das, worauf die aktiven Qualitäten ihre Wirkungen ausüben. In diesem Sinne entspräche das Verhältnis von aktiven und passiven Qualitäten dem von Form und Materie¹⁸. Weiter stellte **Aristoteles** die beiden passiven (Haupt)Qualitäten Feucht und Trocken explizit in ein Verhältnis von Akt und Potenz¹⁹. Dies gilt bedingt auch für die beiden aktiven Qualitäten. Allerdings ist es dort insofern nicht ganz eindeutig, als **Aristoteles** an manchen Stellen die Kälte überhaupt als eher passive Qualität behandelte²⁰, d. h. die eigentliche aktive Qualität war ihm

14. Die Unterscheidung von Materie und Form steht so auch in Beziehung zur Definitionslehre. Die Definition des Wesens bzw. der Natur eines Dinges erfordert nach Aristoteles die Angabe eines Gattungsmerkmals (das, was einem Ding gemeinsam mit anderen seiner Gattung zukommt) und eines spezifischen Unterschiedes (das, was ihm eigentümlich ist).

15. Ob in diesem doppelten Charakter der Frage nach dem Verhältnis von Form und Materie auch eine mögliche Erklärung für das Verhältnis der beiden Begriffe "eidos" und "morphe" liegt, wäre noch zu prüfen. Von Aristoteles selbst und auch von seinen Interpreten werden beide - soweit ich es übersehe - weitgehend synonym gebraucht.

16. Zu dieser sogenannten 'Chemie des Aristoteles' vgl. vor allem Düring (1944).

17. Vgl. Aristoteles: *Meteorologie* IV,1. 378b10-26.

18. Vgl. vor allem Aristoteles: *Meteorologie* IV,1. 379a1-12 & IV,11. 389a29-31.

19. Vgl. Aristoteles: *Meteorologie* IV,4. 381b27-8.

20. Vgl. Aristoteles: *Meteorologie* IV,5. 382b5-6 & IV,11. 389a29-31.

letztlich allein die Wärme. Im Hinblick auf die zuvor gegebene Bestimmung des Verhältnisses von Form und Materie als Akt und Potenz, verhalten sich so auch die beiden passiven bzw. die beiden aktiven Qualitäten zueinander wie Form und Materie.

Die konkreten Wirkungsarten der Wärme sind das Sieden, Garmachen, Reifen, Rösten und Schmelzen, und die Wärme bzw. die aktiven Qualitäten sind es auch, welche die 'chemischen Veränderungen' in den Körpern hervorbringen²¹. Für die Mineralogie von Bedeutung sind vor allem die diesen entgegenstehenden Formen der passiven Qualitäten, worunter gewissermaßen die 'möglichen Reaktionen' der Körper auf die Einwirkung der aktiven Qualitäten bzw. deren Beeinflussbarkeit durch diese zu verstehen sind. Und hier erscheinen jetzt alle diejenigen Merkmale, welche bis in die Neuzeit die Grundlage der Mineralbestimmung bildeten:

Gerinnbarkeit/Verfestigbarkeit
Schmelzbarkeit
Erweichungsfähigkeit (durch Hitze)
Fähigkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen
Biegungsfähigkeit
Brechbarkeit
Zersplitterbarkeit (Teilbarkeit)
(Nachhaltige) Verformbarkeit (Einprägbarkeit)
Plastizität (Formbarkeit)
Zusammendrückbarkeit (Preßbarkeit)
Elastizität (Dehnbarkeit)
Schmiedbarkeit/Hämmerbarkeit
Spaltbarkeit
Schneidbarkeit
Viskosität (Zerreißbarkeit, klebrig oder pulvrig)
Knetbarkeit
Brennbarkeit
Verdampfbarkeit²².

In dieser kurzen Skizze der aristotelischen Bestimmung von Form und Materie bzw. der Qualitäten und den Beziehungen, in welchen diese zueinander stehen, ist nun auch schon deutlich geworden, daß diese im Einzelfall nicht unwidersprüchlich sind. Ein Problem bildet etwa die Stellung der Materie in diesem System bzw. die Frage, wie weit auch diese als 'Qualität' zu verstehen ist. Einerseits erscheint sie als dem aktiven und dem passiven

21. Vgl. Aristoteles: Meteorologie IV,2-3. 379b10-381b22.

22. Aristoteles: Meteorologie IV,8. 385a12-18. Als passive Qualitäten sind diese Eigenschaften den beiden passiven Hauptqualitäten, dem Feuchten und dem Trockenen, nachgeordnet. Wie diese sind sie in den Körpern teils aktualisiert, teils potentiell vorhanden: Schmelzbar etwa wäre ein potentielles Vorhandensein, Schmelzen dessen Aktualisierung. Vgl. Aristoteles: Meteorologie IV,4. 381b27-8.

Prinzip gegenüberstehend (wobei die beiden Prinzipien als Ursprung der Bewegung und als Form und Gestalt der Materie gefaßt werden)²³. Auf der anderen Seite werden die aktiven Qualitäten, wie schon gesagt, als Form den passiven Qualitäten als Materie gegenübergestellt (vgl. o. Anm. 18). Konkret manifestierte sich dieses Problem in der Behandlung der Kälte. Sie wurde zwar als aktive Qualität bestimmt, wird dann aber von **Aristoteles** in der Regel als eine eher passive Qualität behandelt bzw. in gewissem Sinn als Materie aufgefaßt (vgl. o. Anm. 20).

Diese Probleme können hier nicht im Einzelnen diskutiert werden. Es sei aber zumindest angedeutet, in welcher Richtung diese Widersprüchlichkeit, zumindest teilweise, aufgelöst werden kann. Der eigentliche Grundzug des aristotelischen Denkens ist, daß bei ihm gewissermaßen immer ein 'aktives Prinzip' einem 'passiven Prinzip' gegenüberstand, ein 'Wirkendes' einem 'Leidenden'. In diesem Sinne treten bei ihm immer Begriffspaare auf, die jeweils im Verhältnis von 'Wirkendem' und 'Leidendem' stehen (Form und Materie, Potenz und Akt, die Qualitäten usw.). Die Bestimmung der einzelnen Begriffe selbst ist dabei nicht als eine absolute zu verstehen, d. h. die einzelnen Begriffe können sowohl als aktives wie auch als passives Prinzip auftreten. Dies ist so zu verstehen, daß im Einzelfall das passive Prinzip sich als das stärkere erweisen kann und damit gewissermaßen selbst die 'aktive Rolle' übernimmt, während das definitorisch aktive Prinzip implizit zum passiven wird (und dies gilt eben nun vor allem für die Kälte).

Ein weiteres Problem, welches hier ebenfalls nur angedeutet werden kann, ist die Frage, wie weit die Qualitäten bei **Aristoteles** selbst - wie es in der späteren Entwicklung getan wurde - als 'Kräfte' verstanden werden können. Die aristotelischen Qualitäten sind zunächst - mit Ausnahme der Wärme - als mehr oder weniger passive Grundursachen (*aitiai*)²⁴ bzw. Grundeigenschaften der Körper zu verstehen. Für die passiven Qualitäten ist dies unmittelbar einsichtig. Aber es gilt eben zu einem großen Teil auch für eine der aktiven Qualitäten, die Kälte. Lediglich die Wärme kann als eine primär 'wirkende' bzw. 'produktive Kraft' gelten. Für die anderen Qualitäten gilt dies

23. Vgl. hierzu vor allem Aristoteles: Meteorologie IV,5. 382a27-9.

24. Vgl. etwa Aristoteles: Meteorologie IV,1. 379b10-1.

nur gewissermaßen indirekt: Sie werden nur dann produktiv, wenn es den aktiven Qualitäten - und hier eben vor allem der Wärme - nicht gelingt, sich gegen sie durchzusetzen²⁵. 9.

Bei **Aristoteles** sind nun im Grunde alle die Grundprobleme bzw. die Modifikationen vorgezeichnet, welche die weitere Entwicklung des Materie/Form-Problems bzw. der Qualitäten - letztlich bis hin zu **Kant** - kennzeichnen sollten. Diese war so weniger eine wirkliche 'Weiterentwicklung', als vielmehr eine 'Ausdifferenzierung' der aristotelischen Konzeption.

Ein erster Schritt dieses Ausdifferenzierungsprozesses war die konkrete Ausarbeitung der aristotelischen Konzeption bezüglich der Mineralien. Von **Aristoteles** selbst war diese ja wesentlich mit Blick auf die organischen Körper dargestellt worden. Die eigentlichen Beispiele für die Rolle der aristotelischen Bestimmung von Form und Materie bei der Beschreibung und Klassifikation der Mineralien finden sich so erst in der Mineralogie des Mittelalters und der frühen Neuzeit. Hier wären vor allem - wenn wir jetzt einmal die islamischen Autoren (**Geber**, **Avicenna** u. a.) übergehen - **Albertus Magnus** bzw. dessen Schrift *De Mineralibus*²⁶ sowie später **G. Agricola** zu nennen²⁷. Beide gingen allerdings über **Aristoteles** nur insofern

25. Dabei ist diese 'Produktivität' der passiven Qualitäten bzw. der Materie dann allerdings als eine gewissermaßen negative zu verstehen. Nur die Wärme ist letztlich Ursache des Wachstums. Gewinnt dagegen das der Formbestimmung unterworfenen (die Materie bzw. die passiven Qualitäten) die Oberhand, so tritt Vergehen ein. Vgl. Aristoteles: *Meteorologie* IV,1. 379a1-5 & 11-2. 9.

26. Vgl. hierzu vor allem Albertus Magnus: *De mineralibus* I.1.2 ("De materia lapidum") & I.1.4. ("De forma substantiali lapidum") (Opera V, S. 2-4 & 8f.).

27. Agricola gibt eine ausführliche Darlegung der Elementenlehre bzw. eben der Vorstellung, daß diese Elemente (Erde, Wasser, Feuer, Luft) ihrerseits durch vier 'Urkräfte' bzw. Grundeigenschaften (Wärme, Kälte, Feuchte, Trockenheit) konstituiert sind. Die Grundeigenschaften sind dabei (entsprechend dem antik-mittelalterlichen Verständnis) den einzelnen Elementen in spezifischer Art und Weise zugeordnet: der Erde die Kälte und das Trockene, dem Wasser die Kälte und das Feuchte, der Luft das Feuchte und die Wärme, dem Feuer die Wärme und das Trockene. Damit haben je zwei Elemente eine der Qualitäten gemeinsam, was dann vor allem zum Verständnis der Entstehung (ortus) und der Ursachen (causae) der Fossilien von Bedeutung ist, insofern als sich aus ihr die Umwandelbarkeit der Elemente ineinander ergibt. Diese erklärt sich dadurch, daß die Grundeigenschaften, von denen - wie gesagt - je zwei jedem Element zu eigen sind, in umgekehrter Konstitution als "forma" und "materia" gegeneinander ausgetauscht werden. Vgl. hierzu jetzt vor allem Agricola: *De ortu et causis subterraneorum* I, p. 6sq. & III, p. 33 (AAW III, S. 91 & 125). Vgl. auch B. Fritscher (1994b). Vgl. ferner H. M. Nobis/B. Fritscher:

hinaus, als sie nun dessen Begriffe und Theorien auch auf die Bestimmung spezifischer Mineralien angewandt haben.

Am Beginn der neuzeitlichen Bestimmung des Verhältnisses von Form und Materie steht **Francis Bacon** (1561-1626). Seine Bedeutung liegt dann - entsprechend der allgemeinen Bedeutung seiner neuen Wissenschaftsphilosophie - in erster Linie darin, daß er die gewissermaßen metaphysische Dimension, welche das Problem bei **Aristoteles** auch hatte, aus der Naturforschung - wenn auch nicht explizit - ausschloß. Auch er bewegte sich zunächst, zumindest begrifflich, ganz in der zeitgenössischen (aristotelischen) Tradition²⁸. Er unterschied zwischen einer *Philosophia Naturalis* (die wiederum aus *Physica* und *Metaphysica* bestand) und einer *Historia Naturalis*: Aufgabe der ersteren ist die (rationale) Kenntnis des Allgemeinen bzw. die Erkenntnis der Ursachen, Gegenstand der zweiten die Darstellung des Besonderen bzw. die Beschreibung der (sinnlich wahrnehmbaren) Phänomene²⁹. Die Kausalerkenntnis zielt auf die Erkenntnis der Formen der Dinge, die "in bestimmter Weise und nach ihrem Gesetz ewig und unveränderlich" sind. Ihre Untersuchung geschieht in der Metaphysik. Die Untersuchung des "Wirkenden" und der "Materie"

Mittelalterlich-scholastische Wurzeln der Mineralogie Georgius Agricolas. Ein Beitrag zur Geistesgeschichte der Geowissenschaften der frühen Neuzeit (im Druck).

28. In der zeitgenössischen Tradition bewegte Bacon sich vor allem auch bezüglich der Vorstellungen über die Entstehung der Mineralien. So findet sich bei ihm etwa die antike Theorie von der Entstehung des (Berg)Kristalls aus Wasser durch die Wirkung der Kälte. An Orten, wo es beständig kalt sei - wie etwa in Grotten ("speluncis") und Höhlen ("cavernis") - verwandle sich das Wasser in Eis und schließlich in Kristall oder etwas ähnliches ("... vertitur in crystallum aut materiam similem, nec unquam restituitur"), worauf es dann auch nie wieder zu Wasser werde. Vgl. Bacon: *Novum Organum* (1620a) II, Aph. 48 (Works I, S. 332). Auch mit einer eigenen kurzen Schrift über Mineralien und Metalle steht Bacon ganz im Rahmen der chemisch/alchemistischen bzw. metallurgischen Kenntnisse seiner Zeit. Die Schrift handelt u. a. von den verschiedenen bekannten Metallegierungen, den verschiedenen Methoden der Trennung der Metalle (bzw. deren Abscheidung aus den Erzen) sowie von der "variation of Metals into several shapes, bodies, or Natures". Darunter versteht er die bekannten chemisch/alchemistischen Operationen wie etwa "Calcination", "Sublimation", "Precipitation", "Vitrification", aber auch die "Transmutation or Version". Vgl. Bacon: *Metals & Minerals* (1669), hier S. 224.

29. Vgl. Bacon: *De Dignitate* (1623) (Works I, S. 494 & 551). Vgl. hierzu und zum Folgenden auch Krohn (1987), S. 114-34, insbesondere S. 118-24.

sowie des "verborgenen Prozesses" und der "verborgenen Struktur" (*Schematismi*) ist dagegen Gegenstand der Physik, welche lediglich den normalen und gewöhnlichen Lauf der Natur, nicht aber deren fundamentale und ewige Gesetze der Natur untersucht³⁰. Wenngleich also auch für **Bacon** die (in der Metaphysik zu erforschenden) obersten und unveränderlichen Naturgesetze das eigentliche Ziel der Naturforschung blieben, so war es doch letztlich nicht diese Metaphysik, der sein Interesse galt, sondern eben die Physik. Diese gewinnt ihre Berechtigung aus sich selbst, d. h. die Frage, wie weit ihre Untersuchung der veränderlichen Formen zur Erkenntnis der unveränderlichen führt, war für sie selbst unerheblich³¹.

Dem entspricht, daß nun **Bacon** unter den "Formen" fast durchgängig eine andere 'Art' von Formen bzw. Gesetzen verstand, nämlich diejenigen, welche gerade nicht Gegenstand der Metaphysik, sondern vielmehr der Physik sind. Er verstand darunter jene Gesetze und Bestimmungen des reinen Vorgangs, durch welchen eine einfache Natur bzw. eine Eigenschaft bewirkt und konstituiert wird, wie beispielsweise Wärme, Licht, Schwere, wie sie jede Materie und jeder Gegenstand annehmen könne³². Diese Formen bzw. Naturgesetze nannte **Bacon** - im Gegensatz zu den eigentlichen metaphysischen Formen, welche er letztlich an keiner Stelle ausführlicher diskutierte - *Schematismen* ("Schematismi") oder "Formen der ersten Klasse" ("formae primae classis")³³. Das Verhältnis dieser beiden (nicht grundsätzlich verschiedenen) Klassen von Formen erklärte er mit der Trennung der

30. "Videlicet, ut inquisitio Formarum, quae sunt (ratione certe, et sua lege) aeternae et immobiles, constituat Metaphysicam; inquisitio vero Efficientis, et Materiae, et Latentis Processus, et Latentis Schematismi (quae omnia cursum naturae communem et ordinarium, non leges fundamentales et aeternas respiciunt) constituat Physicam: ..." Bacon: *Novum Organum* (1620a) II, Aph. 9 (Works I, S. 235). Vgl. auch Bacon: *De Dignitate* (1623) (Works I, S. 550).

31. Vgl. hierzu auch Seifert (1976), S. 116-25.

32. "... leges illas et determinationes actus puri, quae naturam aliquam simplicem ordinant et constituunt; ut calorem, lumen, pondus; in omnimoda materia et subjecto susceptibili. Itaque eadem res est Forma Calidi aut Forma Luminis, et Lex Calidi sive Lex Luminis; ..." Bacon: *Novum Organum* (1620a) II, Aph. 17 (Works I, S. 257f.).

33. Vgl. Bacon: *De augmentis scientiarum* III,4 (Works I, S. 565f.). Ein konkretes Beispiel für das Verständnis der Form in diesem Sinne ist seine Darstellung der Form der Wärme ("Forma Calidi"). Vgl. Bacon: *Novum Organum* (1620a) II, Aph. 11-13 (Works I, S. 236-56).

unveränderlichen (konstanten) Formen von ihrem gewissermaßen veränderlichem (relativen) Teil, was er etwa am Beispiel der Unterscheidung der Wirkungen der Ursache Feuer veranschaulichte: Das Feuer ist eben sowohl die Ursache des Erhärtens von Lehm als auch die des Erweichens von Wachs, verursacht also zwei gewissermaßen sich widersprechende Wirkungen. Die metaphysische Frage ist die nach dem Feuer 'an sich', nach dem, was sich am Feuer (trotz der unterschiedlichen Wirkungen) gleichbleibt, die nach den relativen bzw. veränderlichen Wirkungen ist die Frage der Physik³⁴.

Bacon hat so die Richtung vorgezeichnet, welche die Entwicklung der Diskussion um die Begriffe bzw. das Verhältnis von Form und Materie bis hin zu **Kant** nehmen sollte: Die (substantiale) Form blieb zwar als Gegenstand der Metaphysik bestehen, für die Naturforschung verlor sie aber - wenn sie nicht überhaupt ausgeschlossen bzw. 'aufgelöst' wurde, wie etwa bei **Th. Hobbes**³⁵ - zunehmend an Bedeutung bzw. sie erhielt einen zunehmend empirisch bestimmbaren Charakter.

Hinsichtlich der entsprechenden Bestimmungen bei **Descartes** und **John Locke** sei zumindest angemerkt, daß dort das Problem des Verhältnisses von Form und Materie auffälligerweise gerade auch mit Bezug auf die anorganischen Körper diskutiert wurde. **Descartes** wandte sich gegen den aristotelisch-scholastischen Materie-Begriff und in diesem Zusammenhang auch gegen die substantiale Form. Für ihn war die Quantität der Materie bzw. deren Ausdehnung nicht mehr von ihrer Substanz verschieden, d. h. die Ausdehnung war nicht mehr bloßes Akzidenz der Materie,

34. Vgl. Bacon: De augmentis scientiarum III,4 (Works I, S. 566). Auch hier unterscheidet Bacon sich nicht grundsätzlich von Aristoteles, sondern eben nur gewissermaßen in einer neuen Gewichtung der Physik gegenüber der Metaphysik, d. h. die Trennung zwischen den 'metaphysischen' und den in der Natur vorkommenden und vergänglichen Formen findet sich auch bei Aristoteles. Vgl. Aristoteles: Physik I,9. 192a34-b2; vgl. hierzu auch Kullmann (1974), S. 39.

35. Hobbes ließ von den vier aristotelischen Prinzipien letztlich nur die "causa materialis" und die "causa efficiens" gelten; die "causa formalis" und die "causa finalis" seien demgegenüber ebenfalls Wirkursachen. Vgl. Hobbes: Elements of philosophy (De corpore) [1655] II.9 & II.10.1 & 6f. (Works I, S. 120-8 & 131f.).

sondern vielmehr deren "wahre Form und ihr Wesen"³⁶. Welche der sinnfälligen Eigenschaften, so fragte **Descartes** dann in den *Principia* weiter, ließen auch eine ihnen zugrundeliegende Form ("substantiam") erkennen? Welche Eigenschaften beispielsweise eines Steines zeigten eine diesem zugrundeliegende 'Steinform'? Die Härte? Sie läßt sich durch Zermahlen des Steines 'auflösen', kann ihm also nicht wesensmäßig angehören. Oder die Farbe? Es gibt farblose und durchsichtige Steine. Keine dieser sinnfälligen Qualitäten zeige also ein spezifisches Wesen des Steines an³⁷.

In ähnlicher Weise diene **J. Locke** das Gold als Beispiel dafür, daß dessen 'Idee' nicht notwendig mit seinen Qualitäten verbunden ist. Wenn wir etwa sagten, daß Gold unbrennbar sei, so meinten wir, daß in der komplexen Goldidee 'unbrennbar' mit anderen Bestimmungen wie 'gelb', 'schwer', 'schmelzbar', 'schmiedbar' oder 'auflösbar in Königswasser' vereinigt ist. Die Notwendigkeit oder Unmöglichkeit der Koexistenz dieser Qualitäten bzw. deren Verknüpfung mit der Idee des Körpers könnten wir mit Gewißheit bestenfalls hinsichtlich einiger primärer Qualitäten erkennen (Festigkeit, Ausdehnung, Gestalt und Bewegung). Die anderen Qualitäten (Farbe, Geschmack usw.) seien dagegen keine Qualitäten der Körper selbst, sondern Wirkungen aus ihren Kräften auf uns, d. h. sie seien wirklich nur in unserem Geist vorhanden und deshalb sekundär³⁸. Das eigentliche Band, welches das Zusammensein von Qualitäten und Kräften konstituiert, bildet die verborgene Konstitution der Substanz. Unsere Gewißheit aber reicht bei allgemeinen Aussagen über Substanzen in der Regel nicht weiter als unser Wissen über die tatsächliche Koexistenz dieser sekundären Qualitäten. Bei Einzeldingen gelangten wir durch Experiment und Beobachtung bestenfalls zu gewissen partikulären Aussagen. Körperwissenschaft im strengen Sinne bekämen wir dagegen nie³⁹.

36. "... la quantité de la matière que j'ay décrite, ne differe non plus de sa substance, ...; & si je conçois son estendue, ou la propriété qu'elle a d'occuper de l'espace, non point comme un accident, mais comme sa vraye Forme & son Essence: ..."

Descartes: *Le monde* (1677), S. 433 (*Oeuvres* XI, S. 36).

37. "... non ideò lapis corporis naturam amisisse existimatur".

Descartes: *Principia philosophiae* (1644) II,11 (*Oeuvres* VIII, S. 46).

38. Vgl. Locke: *Essay on human understanding* II.8.7f. (*Works* I, S. 119). Vgl. hierzu auch Specht (1989), S. 76-82.

39. Vgl. Locke: *Essay on human understanding* IV.1.6 (*Works* II, S. 313). Vgl. auch Specht (1989), S. 122-4 & 140-2.

Die weitere Ausprägung, welche das Materie/Form-Problem dann bei **G. W. F. Leibniz** erfuhr, hing vor allem mit dessen neuem Kraft-Begriff zusammen. Nach **Leibniz** erklärt sich das Wesen des Körpers nicht nur durch bloße Ausdehnung, sondern vor allem durch eine ihm innewohnende bewegende Kraft (*vis motrix*). Diese Kraft ist als eine die Naturkörper innerlich konstituierende Substanz zu verstehen, als ein Streben oder eine Tendenz, die zur vollen Wirksamkeit gelangt, wenn sie nicht durch ein entgegengesetztes Streben gehemmt wird. Dieses Entgegengesetzte ist die Materie, welche dann ebenfalls nicht als bloße Ausdehnung zu verstehen ist, sondern vielmehr als das, was an der Substanz widerständig ist. In diesem Sinne bestimmte **Leibniz** die Form als "tätige Kraft" (*vis activa*), die Materie als "passive Kraft" (*vis passiva*)⁴⁰.

Ähnlich wie **Bacon**, unterschied dann auch **Leibniz** zwischen den in der Physik und den in der Metaphysik zu behandelnden Kräften bzw. Formen. Die Physik habe es mit dem Verhältnis jener beiden Kräfte (bzw. von Form und Materie) zu tun, welches sich in der tatsächlichen Wirkung und Gegenwirkung der Körper zeige bzw. welches auf dem genau angebbaren Verhältnis der "abgeleiteten Kräfte" (*vires derivativae*) im Zusammenhang mit der Ortsbewegung beruhe. Die Metaphysik dagegen betrachte die "ursprünglichen Kräfte" (*vires primitivae*), die als Formen die allgemeinen Quellen und Ursachen der Dinge erschließen. Deren Erkenntnis gehöre zwar zum "rechten ⁷philosophieren" ("ad recte philosophandum"), die Physik als Körperwissenschaft ("philosophia corpuscularis") allerdings, welche die "eigentlichen und besonderen Ursachen der Sinnesdinge" ("in rerum sensibilibus")

7P

40. Vgl. Leibniz: Specimen dynamicum (1695) (Mathematische Schriften VI, S. 235f.). Auch hier ist jetzt wieder nicht der Platz, die philosophische Problematik in eigener Sache zu diskutieren. Es sei aber zumindest daran erinnert, daß ja auch Aristoteles das Verhältnis von Form und Materie als das eines aktiven zu einem passiven Prinzip bestimmt hatte. Auch Leibniz Bestimmung stellt so eher noch eine weitere Ausdifferenzierung (und eben nicht eine wirkliche Neufassung) des ursprünglich bei Aristoteles formulierten Verhältnisses dar. In diesem Sinne kann dann auch im 19. Jahrhundert eine dynamische Materieauffassung nicht gewissermaßen a priori als die modernere Auffassung gelten. Dabei ist vielmehr immer zuerst zu prüfen, ob diese nicht den aristotelischen Qualitäten eigentlich noch sehr viel näher steht als der 'modernen Energie'. Vgl. hierzu jetzt auch noch einmal Bloch (1963), passim. Vgl. weiter die Kap. B. 3. 2. & B. 3. 3.).

causis propriis specialibusque") erforsche, könne sehr wohl ohne sie auskommen⁴¹.

In der Philosophie des 18. Jahrhunderts schließlich wurde diese - mit **Bacon** beginnende und dann von **Leibniz** explizit festgeschriebene - Trennung zwischen 'metaphysischer' und 'physikalischer Form' gewissermaßen zur Standardauffassung, die keiner speziellen Begründung mehr bedurfte. So unterschied **J. G. Walch** in seinem *Philosophischen Lexicon* die metaphysische bzw. ontologische Bestimmung von Form und Materie von deren Behandlung in der Physik. Die erstere war ihm dabei im Grunde nur mehr ein Relikt der Scholastik, welcher deshalb in der gegenwärtigen Naturforschung keine Bedeutung mehr zukomme. Die "substantielle Form" sei ein "pur lauterer Gedicht der Scholasticorum", und von der "ersten Materie und deren Beschaffenheit" solle man nicht viel philosophieren. Form und Materie bestünden nur an Körpern und könnten deshalb nicht getrennt voneinander behandelt werden; dabei zeige "das Materiale die Sache selbst" an, an dem sich "das Formale befindet"⁴². Durch dieses *Formale* bzw. die *Form* könne man sich letztlich keinen "deutlichern und reellern Begriff" von den "natürlichen Dingen" machen, als wenn man einfach sage, daß es "die Fähigkeiten zu wirken seyn, die sich an der Materie befinden" (außer man wolle "die Wirkungen selbst dieser Fähigkeiten unter der Form verstehen")⁴³. Bei **Walch** ist das Verhältnis von Materie und Form so letztlich nur mehr eine Sache der Definition. Es entspricht jener logischen Unterscheidung von Materie und Form als *genus* und *differentia specifica*, wie sie - neben der metaphysischen Bestimmung - bei **Aristoteles** ebenfalls vorgezeichnet war. Und damit war der Weg bereitet, der die Unterscheidung von Form und Materie schließlich zur allgemeinen Trennung von Form und Inhalt werden ließ, wie sie dann etwa bei den romantischen Naturphilosophen (s. u.) oder auch im dialektischen Materialismus bei **Marx** und **Engels** erscheint⁴⁴.

41. Vgl. **Leibniz**: *Specimen dynamicum* (1695) (Mathematische Schriften VI, S. 236).

42. Vgl. **Walch** (1775) I, Art. "Form", Sp. 1338-41, hier Sp. 1340f.; ebd. II, Art. "Materie", Sp. 54-62, hier Sp. 60.

43. Vgl. **Walch** (1775) I, Art. "Form", Sp. 1340.

44. Vgl. exemplarisch **Marx**: *Kapital* (1867) I, S. 50 & 94f.; vgl. auch **Engels**: *Dialektik der Natur* (1873-83), S. 529 & 561-3.

Die bisher beschriebene Entwicklung der Bestimmung des Verhältnisses von Materie und Form bzw. ihrer Beziehung auf die Qualitäten ist nun diejenige, welche sich in der Schulphilosophie des 18. Jahrhunderts manifestiert hatte. Sie bildete also eine der impliziten Grundlage der Chemischen Kristallographie und Chemischen Geologie des 19. Jahrhunderts. Und damit lassen sich jetzt bereits von hier aus - meist auch schon allein mit Bezug auf die ursprünglichen aristotelischen Bestimmungen - einige der allgemeinen Prämissen verständlich machen, welche deren frühe Entwicklung mitbestimmt haben. Leu

Dies gilt zunächst für die beiden Hauptprobleme der Mineralogie bzw. der (Chemischen) Kristallographie des 19. Jahrhunderts. Zum einen war dies eben die Frage nach dem ursächlichen Zusammenhang von chemischer (stofflicher) Zusammensetzung und (Kristall)Form, wobei die letztere dann auch in einem weiteren Sinn als die 'Summe' der physikalischen Eigenschaften zu verstehen wäre. Ein zweites, damit unmittelbar zusammenhängendes Problem war die Frage nach der relativen Bedeutung dieser beiden Komponenten hinsichtlich der Bestimmung der spezifischen 'Natur' der Mineralien. Die naturphilosophische Materie/Form-Konzeption war hier implizit schon allein dadurch konstitutiv, als das Postulat, daß jener Zusammenhang ein ursächlicher ist, empirisch - zumindest vorläufig - nur bedingt zu belegen war. So wäre eben vor allem hinsichtlich des Häuyschen Relationssatzes zu sehen, daß dieser den bestimmenden Einfluß, den er im 19. Jahrhundert erhielt, nicht zuletzt der Tatsache verdankte, daß er jener naturphilosophischen Überzeugung eines ursächlichen Zusammenhangs von Form und Materie entsprach.

Wie dies zu verstehen ist, kann ein kurzes Beispiel verdeutlichen. 1790 hat I. Kant in der *Kritik der Urteilskraft* eine Definition der Kristallisation gegeben, mit der er diese als eine "freie Bildung der Natur" gegenüber der "auf Zwecke gerichteten" Ausbildung der organischen Körper abgrenzte:

"Ich verstehe aber unter einer freien Bildung der Natur diejenige, wodurch aus einem Flüssigen in Ruhe, durch Verflüchtigung oder Absonderung eines Teils desselben (bisweilen bloß der Wärmematerie) das übrige bei dem Festwerden eine bestimmte Gestalt, oder Gewebe (Figur oder Textur) annimmt, die, nach der spezifischen Verschiedenheit der Materien, verschieden, in eben derselben aber genau dieselbe ist"⁴⁵.

45. Kant: *Kritik der Urteilskraft* (KdU), B 249/A 246 (Werke VIII, S. 455) (Herv. B. F.) [Kants Werke werden hier zitiert nach der Ausgabe von W. Weischedel, Darmstadt 1983]. Vgl. hierzu auch noch einmal Kap. B. 2. 3.

Kant sagt hier also explizit, daß die Kristallform von der stofflichen Zusammensetzung eindeutig bestimmt ist, womit er - bewußt oder unbewußt - eben den *Relationssatz Haüys* formulierte. Hier könnte dann natürlich auch gefragt werden, ob diese Parallele zwischen **Kant** und seinem neunzehn Jahre jüngeren Zeitgenossen **Haüy** das Ergebnis einer möglichen direkten Beziehung zwischen beiden ist (was hier auch nicht ausgeschlossen werden soll). Wahrscheinlicher ist aber doch die Annahme, daß der **Haüysche Relationssatz** eben auch als Ausdruck jener von **Kant** formulierten naturphilosophischen Grundüberzeugung eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen Form und Materie der Körper zu sehen ist.

In diesem Sinne lassen sich dann auch einige der bekannten grundlegenden Gegensätze in der Mineralogie und Kristallographie des 19. Jahrhunderts erklären. So wäre vor allem die Diskussion um die relative Bedeutung von chemischer Zusammensetzung und Kristallform - wie sie sich in der Ausbildung einer mineralogisch-chemisch bzw. einer kristallographisch-physikalisch orientierten Richtung der Mineralogie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts manifestierte⁴⁶ - auf dem Hintergrund der Materie/Form-Problematik zu sehen. Mit Bezug auf dessen naturphilosophische Formulierung stellt sich dieser Gegensatz als die Frage dar, ob die Substanz des Körpers - d. h. die spezifische Natur der einzelnen Mineralien - primär durch die passiven Qualitäten bzw. die Materie oder aber durch die aktiven Qualitäten bzw. die Form bestimmt ist.

In dieser Perspektive könnte auch speziell die **Baconsche** Wissenschaftsphilosophie als eine mögliche Ursache dafür gesehen werden, daß die Kristallform bis hin zu **J.-B. Romé de l'Isle** und

46. Vgl. etwa Hooykaas (1994), S. 94f. Daß die Gegensätze zwischen diesen beiden Richtungen wesentlich auch eine lebensweltliche Dimension haben, kommt u. a. darin zum Ausdruck, daß jene Frage bis heute nicht eindeutig entschieden zu sein scheint. So hat etwa J. Lima-de-Faria, einer der derzeit wohl vehementesten Vertreter einer strukturellen Klassifikation der Mineralien, in einem Vortrag in München am 8. 3. 1996 betont, daß die Widerstände gegen seine Klassifikation in erster Linie aus den "mental habits" der Mineralogen resultierten (und eben nicht aus den inhaltlichen Schwierigkeiten einer solchen Klassifikation). Vgl. etwa Lima-de-Faria (1994), passim. Die Vertreter einer primär chemischen Klassifikation verweisen dann allerdings vor allem darauf, daß mit der strukturellen Klassifikation derzeit nur etwa 14 % der bekannten Mineralien erfaßbar seien. Vgl. hierzu vor allem Strunz (1996), S. 437.

R.-J. Haüy überhaupt nur eine untergeordnete Rolle in der Mineralogie spielte⁴⁷, eine Rolle, welche sie letztlich in der Chemischen Kristallographie des 19. Jahrhunderts bis hin zu **Groth** behielt. Bestimmend waren dort die stoffliche Zusammensetzung bzw. die (daraus resultierenden) physikalischen Eigenschaften der Mineralien. Die Kristallform war demgegenüber selbst eigentlich nur eine 'Wirkung' der stofflichen Zusammensetzung, d. h. sie war selbst nicht - oder zumindest nur in einem sehr viel geringeren Maß - für das 'Wesen' der Mineralien verantwortlich⁴⁸. Dies entsprach ganz den Formen **Bacons**, welche die Eigenschaften bzw. die Fähigkeiten oder die Wirkungen der Körper waren, nicht (mathematische) 'Idealgestalten', welche eher in die Metaphysik gehörten als in die Physik⁴⁹.

Damit stimmt zusammen, daß etwa bei **Walch** - der ja die "substantielle Form" aus der Physik ausgeschlossen haben bzw. diese auf die Materie und deren Fähigkeiten bzw. Wirkungen verwiesen wissen wollte (s. o.) - im Artikel über die *Mineralien* die (äußere) Form keine Rolle für deren Bestimmung spielte: Ausschlaggebend hierfür waren vielmehr allein der Stoff ("Salz" und "Erde") sowie der "Nutzen" (also die Wirkungen) der

47. Eine konkrete Frage wäre auch, wie weit die bekannte Unterscheidung Haüys zwischen den (beobachteten) "formes secondaires" der Kristalle und deren (daraus mittels der Gesetze der Dekreszenz abgeleiteten) "formes primitives" der Baconschen Unterscheidung zwischen den Formen der Physik und denen der Metaphysik analog ist, d. h. ob die letzteren noch im Sinne der Baconschen "Schematismen" oder aber - als die 'Idealgestalten' der Kristalle - schon eher als metaphysische Formen zu verstehen wären. Vgl. in diesem Sinne dann auch Leibniz' Unterscheidung zwischen den "abgeleiteten Kräften" (welche Gegenstand der Physik sind) und den (in der Metaphysik zu untersuchenden) "ursprünglichen Kräften" (s. o. Anm. 40). Vgl. auch Hooykaas (1994), S. 72-84; vgl. ferner Schütt (1984), S. 42-56.

48. In diesem Sinne hatte **Groth** selbst das Programm seiner Chemischen Kristallographie bestimmt: Deren Aufgabe sei es, "die gesetzmässige Abhängigkeit der Form und der physikalischen Eigenschaften der Krystalle von ihrer chemischen Natur zu erkennen". Groth (GLE), S. 89 (Herv. B. F.).

49. Hinzukommt, daß in der Baconschen Naturwissenschaft die Mathematik nur eine untergeordnete Rolle spielte. Sie erschien bei ihm nur am Ende des der "Parasceve" angehängten Katalogs der speziellen Historien und zwar als "Historia naturarum et potestatum Numerorum" sowie als "Historia naturarum et potestatum Figurarum". Es wird zugestanden, daß die Mathematik wichtige Beobachtungen und Erfahrungen beisteuern könne. Aber die Mathematik war bei Bacon eben nur Bestandteil der "Phaenomena Universi", zum 'methodischen Werkzeug' der Naturwissenschaften gehörte sie nicht. Vgl. Bacon: Parasceve [1620] (Works I, S. 410).

Mineralien⁵⁰. Und ähnlich betonte **J. N. Fuchs** noch in der Mitte des 19. Jahrhunderts die Vorrangstellung der chemischen Zusammensetzung gegenüber der Kristallisation. Beide zusammen bestimmten die "spezifische Differenz", d. h. die 'Natur', der einzelnen Mineralarten. Eindeutig dominierend hierbei sei aber die chemische Zusammensetzung; nur in bestimmten Sonderfällen, nämlich bei den "dimorphen [Mineralien; B. F.] hat die Krystallisation die erste Stimme"⁵¹.

Bei **Fuchs** hing dies auch mit seiner dynamischen Materieauffassung zusammen. Die Gestaltveränderung chemisch identischer Körper (etwa des kristallisierten Quarzes in den amorphen Opal) galt ihm - da sich hierbei auch die chemischen Eigenschaften änderten - nicht nur als "bloße mechanische Veränderung" (wie etwa die Pulverisierung der Körper), sondern als "chemischer Prozeß", d. h. als "ein tiefer in das Wesen der Materie eingreifender dynamischer Prozeß"⁵².

Damit wäre jetzt auch ein weiterer, die Diskussion um die relative Bedeutung von chemischer Zusammensetzung und Kristallform implizit mit konstituierender Gegensatz in der Mineralogie des 19. Jahrhunderts angesprochen, nämlich der zwischen Dynamismus und Atomismus. Hierzu sei an dieser Stelle nur festgehalten, daß - wie eben das Beispiel **Fuchs** zeigt - eine dynamische Materieauffassung durchaus noch mit der klassischen ('qualitativen') Naturforschung vereinbar ist, d. h. daß jene nicht a priori der Moderne näher steht, insofern als hier von

50. Vgl. Walch (1775) II, Art. "Mineralien", Sp. 138f.

51. Vgl. Fuchs (1848), S. 248. Vgl. auch Fuchs: Claßification der Mineralien (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.b), fol. 3r-v. In diesem Sinne hat Fuchs dann auch vor allem in den Säuren diejenigen Agenzien sehen wollen, die "vorzüglich ... formend wirken". Vgl. Fuchs: Über den Begriff von unorg.[anischen] Species (BSB-Hs: Fuchsiana I.3.c), fol. 4r. Zum Problem der 'formgebenden Bestandteile' in der Mineralogie der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts vgl. auch Schütt (1984), S. 107-9 u. ö. Gewissermaßen als Gegenbeispiel - und das heißt dann: für die zunehmende Bedeutung der 'Form' gegenüber der Materie - könnte G. Tschermaks Reihe der Feldspäte stehen (vgl. Kap. B. 2. 1.). Es waren ja vor allem die kristallographischen und physikalischen Eigenschaften - also die 'Form' -, welche die Feldspäte als nahe verwandt erwiesen, während die Unterschiede in ihrer stofflichen Zusammensetzung sie als verschiedene Arten erscheinen ließen. Indem Tschermak die 'Form' über die 'Natur' der Mineralien stellte, steht seine Reihe der Feldspäte mit am Beginn des - für die Moderne eben überhaupt bestimmenden - Prozesses des 'Verschwindens der Materie' (vgl. u. Anm. 94).

52. Vgl. Fuchs (1833), S. 153; Fuchs (1834), S. 164 (Herv. orig.).

'Kräften' die Rede ist. Solange diese 'Kräfte' als - selbst dann nicht weiter bestimmbare - 'qualitative Kräfte' verstanden wurden, entsprachen sie durchaus noch den aristotelischen Qualitäten (und eben noch nicht der modernen Energie)⁵³. Der eigentlich bestimmende Faktor der dynamischen Materieauffassung ist, daß die der Materie inhärenten Kräfte selbst als schöpferische (als 'lebendige Kräfte') verstanden wurden. Bei **Aristoteles** waren sie dagegen immer passive Qualitäten geblieben, welche nur dann eine aktive Funktion erhalten konnten, wenn es ihnen gelang, sich gegenüber den eigentlichen aktiven Qualitäten durchzusetzen (vgl. o. Anm. 40).

In diesem Sinne könnte dann auch die **Fuchssche Kristallisationskraft** bzw. deren Verhältnis zur Wärme als Analogon zur aristotelisch-scholastischen Bestimmung des Verhältnisses von Kälte und Wärme gelesen werden. **Fuchs** beschrieb die *Kristallisationskraft* als einen "Gestaltungstrieb (nisus formativus)", welcher nur durch "fortgesetztes Schmelzen" beeinflußt werden könne, d. h. nur dadurch scheine er bei den Körpern "so tief herabzusinken", daß diese, wenn sie durch rasche Abkühlung "gezwungen" würden, in festen Zustand überzugehen, nicht mehr fähig seien, "sich zu gestalten"⁵⁴. In der aristotelisch-scholastischen Bestimmung des Verhältnisses von Kälte und Wärme waren beide ebenfalls aktive Qualitäten gewesen, wobei die Kälte - welche damit der **Fuchsschen Kristallisationskraft** entspräche - die eigentliche Ursache der Entstehung der Kristalle war (wie dies auch noch ganz selbstverständlich **F. Bacon** angenommen hat; vgl. o. Anm. 28). Lediglich gegenüber der Wärme als der eigentlich 'schöpferischen Qualität' kann die Kälte - ähnlich wie **Fuchs'** *Kristallisationskraft* gegenüber der Schmelzhitze - zur passiven Qualität werden.

53. Damit ließe sich dann auch die auf den ersten Blick nicht ganz unwidersprüchliche Kristallographie V. Goldschmidts verstehen. Auf der einen Seite stand sie (zumindest terminologisch) ganz im Rahmen der klassischen Naturforschung. Auf der anderen Seite galt Goldschmidts Interesse weniger der chemischen ('qualitativen') Zusammensetzung der Mineralien als vielmehr den "kristallbauenden Kräften". Damit stünde seine Kristallographie - verglichen etwa mit der Chemischen Kristallographie Groths - der Moderne eindeutig näher (vgl. Kap. B. 2. 2.). Dieser Widerspruch also ließe sich dadurch erklären, daß die Kräfte Goldschmidts eben noch kaum die moderne Energie waren, sondern vielmehr noch eher die aristotelischen Qualitäten.

54. Vgl. Fuchs (1834), S. 163.

Diese Auffassung der Wärme als der eigentlich 'schöpferischen Qualität' verweist zugleich auf einen weiteren allgemeinen Bezugspunkt der Chemischen Kristallographie bzw. Chemischen Geologie des 19. Jahrhunderts, auf die Antike. Ebenso wie es für **Aristoteles** allein die Wärme gewesen war, welche Werden und Vergehen bedingte, war für die Mineralogen/Kristallographen bzw. die chemischen Geologen des 19. Jahrhunderts letztlich die Wärme der eigentlich 'gestaltende Faktor' im Mineralreich. In diesem Sinne haben etwa **Mitscherlich** und **Schönbein** die Bedeutung der Temperatur für die Kristallform diskutiert, wobei sie dann eben nur von einer - gegenüber der 'normalen Temperatur' - erhöhten Temperatur sprachen (vgl. Kap. B. 1. 1. 1. Anm. 136). Und für **C. G. Bischof** war es allein die Wärme, welche eine Veränderung der Gesetze der chemischen Verwandtschaft - und das hieß im Verständnis **Bischofs**: der 'Natur' der Körper - verursachen konnte⁵⁵. Erst zu Beginn unseres Jahrhunderts haben **V. M. Goldschmidt** u. a. eine mögliche analoge Bedeutung 'tiefer Temperaturen' hinsichtlich der Kristallformen systematisch untersucht⁵⁶. Damit hätte dann eigentlich erst die Moderne die 'Kälte' als 'aktive Qualität' wirklich eingelöst. Allerdings waren dort eben Kälte und Wärme keine spezifischen Qualitäten - und damit eben auch keine Gegensätze - mehr: Sie waren vielmehr im doppelten Wortsinn 'gleich-gültig' geworden.

Im vorstehenden war nun versucht worden, einige der allgemeinen geistesgeschichtlichen Grundlagen zu skizzieren, welche die naturwissenschaftliche Diskussion um den Zusammenhang von Kristallform und chemischer Zusammensetzung in der Mineralogie und Kristallographie des 19. Jahrhunderts implizit mit bestimmt haben. Ebenfalls als ein eher impliziter Hintergrund ist die weitere Entwicklung der Materie/Form-Problematik bei **Kant** und in der romantisch-idealistischen Naturphilosophie zu verstehen. Allerdings ist dies nun eben jene Entwicklung des Problems, welche sich (zeitlich) parallel zur Entwicklung der Mineralogie/Kristallographie von **Romé de l'Isle** und **Haüy** bis zu **Mitscherlich** und **G. Rose** vollzogen hat. Es sind hier also im Einzelfall auch sehr konkrete Einflüsse gegeben (insbesondere

55. Vgl. hierzu sowie allgemein zur Bedeutung der Wärme bei Aristoteles auch Bachelard (1959), hier S. 95-129.

56. Vgl. V. M. Goldschmidt (1912), hier S. 5f; vgl. auch noch einmal Kap. B. 1. 1. 2.

eben hinsichtlich der 'dynamischen Richtung' der Mineralogie⁵⁷). Im Hinblick auf eine historische Anthropologie der Moderne bedeutsamer (als solche direkten Einflüsse) ist allerdings, daß diese naturphilosophische Diskussion gewissermaßen als Parallele oder als Spiegelbild der eigentlichen naturwissenschaftlichen Diskussion verstanden werden kann. Als ein konkretes Beispiel hierfür war bereits der **Haüy'sche Relationssatz** genannt worden, welcher eben implizit - und unabhängig von diesem - auch von **Kant** formuliert worden war. Und in diesem Sinne können nun **Kants** Fassung des Materie/Form-Problems, wie er es in der *Kritik der reinen Vernunft* (KdRV) entwickelt hat, sowie die Forderungen, die er in der Vorrede zu den *Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft* (MAdN) an eine "eigentliche Naturwissenschaft" stellte, gewissermaßen auch als Programm einer Chemischen Kristallographie bzw. einer Chemischen Geologie gelesen werden, wie es dann die Moderne einzulösen hatte.

Bei **Kant** erfährt das Verhältnis von Form und Materie - entsprechend eben dem Grundgedanken der Transzendentalphilosophie - insofern eine Umkehr, als Form und Materie nicht mehr die Dinge als solche konstituieren, sondern vielmehr nur den Gegenstand der Erfahrung, die "Erscheinung": sie sind "Reflexionsbegriffe", welche das Verhältnis "gegebener Vorstellungen zu unseren verschiedenen Erkenntnisquellen" bestimmen⁵⁸. Materie und Form, das letzte von vier Paaren solcher "Reflexionsbegriffe", beschreibt **Kant** dann als

"zwei Begriffe, welche aller anderen Reflexion zum Grunde gelegt werden, so sehr sind sie mit jedem Gebrauch des Verstandes unzertrennlich verbunden. Der erstere bedeutet das Bestimmbare überhaupt, der zweite dessen Bestimmung ..." ⁵⁹.

Die "Erscheinung" konstituiert sich also durch die - a posteriori gegebene - Materie (der sinnlichen Wahrnehmung) und die - a priori im Erkenntnisvermögen bereitliegenden - Formen (der sinnlichen und der begrifflichen Erkenntnis): die erstere ist das, was in der Erscheinung der Empfindung korrespondiert, die Formen dagegen sind dasjenige, wodurch "das Mannigfaltige der Erscheinung in gewissen Verhältnissen geordnet werden kann"⁶⁰. Die Formen begreift **Kant** als "reine Vorstellungen", da in ihnen

57. Vgl. hierzu insbesondere Snelders (1973). Vgl. auch Hooykaas (1994), S. 99. Vgl. weiter Kap. B. 1. 2., B. 2. 1. & B. 3. 2.).

58. Vgl. Kant: KdRV, B 316/A 260 (Werke III, S. 285).

59. Kant: KdRV, B 322/A 266 (Werke III, S. 289f.) (Herv. B. F.).

60. Vgl. Kant: KdRV, B 34/A 20 (Werke III, S. 69f.).

"nichts, was zur Empfindung gehört, angetroffen wird", und er unterscheidet zwischen der "reinen Form sinnlicher Anschauung" (Raum und Zeit) und den "reinen Verstandesbegriffen"⁶¹. In dieser Bestimmung gehen die Formen dann auch der Materie - wiewohl von dieser alle Erkenntnis ihren Anfang nimmt - voraus⁶².

Damit wandte **Kant** sich vor allem gegen jene Bestimmung der "Logiker", welche "ehedem das Allgemeine die Materie, den spezifischen Unterschied aber die Form" nannten: In jedem "Wesen" seien dort "die Bestandstücke desselben (essentialia) die Materie; die Art, wie sie in einem Dinge verknüpft sind, die wesentliche Form", d. h. die Materie ging dort - als das, was allererst gegeben sein müsse, "um es auf gewisse Art bestimmen zu können" - der Form voraus⁶³.

Implizit würde **Kant** hier auch eine Chemische Kristallographie kritisieren, welche die relative Bedeutung von Chemismus und Kristallform bzw. von 'Bestandstücken' und 'Art der Verknüpfung' - wie es ja etwa **Fuchs**, **Groth** und überhaupt die Mehrzahl der Chemischen Kristallographen des 19. Jahrhunderts getan haben - in dieser letzteren Art und Weise bestimmte, d. h. die Materie(n) als das gewissermaßen ursprünglich Gegebene zu nehmen, die dann in der (Kristall)Form ihre spezifische Bestimmung erhielt(en). Allerdings ist nun hier bei **Kant** eben nicht von einer - wie auch immer - empirisch zu ermittelnden 'Kristall-Form' die Rede, sondern vielmehr von einer reinen Form der sinnlichen Anschauung, welche nicht von der Erscheinung hergeleitet werden kann, sondern vielmehr deren Voraussetzung ist (womit dann auch die Materie selbst, insofern sie in der Erscheinung durch die Form bestimmt wird, zuerst transzendentes Objekt wäre). Eine solche einfache Übertragung der transzendentalen Bestimmung von Materie und Form auf eine "Körperwissenschaft" - hier: die Chemische Kristallographie - ist also nur bedingt möglich. Dieses Problem hat **Kant** selbst gesehen, und in den *Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft* (MAdN) hat er es zu lösen versucht.

Die Materie ist, obgleich sie eben in der Erscheinung durch die Form bestimmt wird, nicht bloßes transzendentes Objekt. Sie

61. Vgl. Kant: KdrV B 35f./A 21 (Werke III, S. 70); vgl. auch B 74f./A 50-2 (Werke III, S. 97f.).

62. Vgl. Kant: KdrV, B 323f./A 267f. (Werke III, S. 290f.).

63. Vgl. Kant: KdrV, B 322/A 266 (Werke III, S. 289f.).

ist vielmehr der Inbegriff der Vorstellungen der Gegenstände des äußeren Sinnes und damit der eigentliche Gegenstand der Naturwissenschaft⁶⁴. "Eigentliche Wissenschaft" nun ist für **Kant** bekanntlich nur diejenige, "deren Gewißheit apodiktisch ist", eine Erkenntnis dagegen, "die bloß empirische Gewißheit enthalten kann", ist nur "uneigentlich so genanntes Wissen"⁶⁵. Dieses 'uneigentliche Wissen' - "angewandte Vernunftkenntnis" nannte es **Kant** im Gegensatz zur "reinen" Naturerkenntnis - könne zwar, insofern das "Ganze der Erkenntnis" in einem systematischen Zusammenhang steht, ebenfalls "Wissenschaft" heißen, und wenn darüber hinaus "die Verknüpfung der Erkenntnisse in diesem System ein Zusammenhang von Gründen und Folgen ist, so gar rationale Wissenschaft". Wenn aber, und dies sagt **Kant** nun explizit mit Bezug auf die Chemie,

"diese Gründe oder Prinzipien in ihr, ..., doch zuletzt bloß empirisch sind, und die Gesetze, aus denen die gegebene Facta durch die Vernunft erklärt werden, bloß Erfahrungsgesetze sind, so führen sie kein Bewußtsein ihrer Notwendigkeit bei sich (sind nicht apodiktisch-gewiß) und alsdenn verdient das Ganze in strengem Sinne nicht den Namen einer Wissenschaft, und Chymie sollte daher eher systematische Kunst, als Wissenschaft heißen"⁶⁶.

"Eigentliche Naturwissenschaft" erfordere demgegenüber einen "reinen Teil", welcher "dem empirischen zum Grunde liegt, und der auf Erkenntnis der Naturdinge a priori beruht". Bezogen auf "bestimmte Naturdinge", d. h. als "besondere metaphysische Naturwissenschaft" - welche eben nicht allein ("ohne Beziehung auf irgend ein bestimmtes Erfahrungsobjekt") von "den Gesetzen, die den Begriff einer Natur überhaupt möglich machen", handelt - erfordere eine solche Erkenntnis a priori, "daß die dem Begriffe korrespondierende Anschauung a priori gegeben werde, d. i. daß der Begriff konstruiert werde". Die "Vernunftkenntnis durch Konstruktion der Begriffe" aber ist "mathematisch"⁶⁷.

Daraus also folgt **Kants** berühmtes Postulat, daß "eine reine Naturlehre über bestimmte Naturdinge (Körperlehre und Seelenlehre) .. nur mittelst der Mathematik möglich" ist, was dann - bezogen darauf, daß "in jeder Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen wird, als sich darin Erkenntnis a priori findet" - bedeutet, daß jede "Naturlehre nur

64. Vgl. Kant: MAdN, A IIIIf. (Werke VIII, S. 11).

65. Vgl. Kant: MAdN, A V (Werke VIII, S. 12) (Herv. orig.).

66. Kant: MAdN, A Vf. (Werke VIII, S. 12).

67. Vgl. Kant: MAdN, A VIIIf. (Werke VIII, S. 14f.).

so viel eigentliche Wissenschaft enthalten" werde, "als Mathematik in ihr angewandt werden kann"⁶⁸. Und damit ist dann die Bedingung formuliert, unter der die Chemie zur "eigentlichen Naturwissenschaft" werden könnte:

"So lange ... für die chymischen Wirkungen der Materien auf einander kein Begriff ausgefunden wird, der sich konstruieren läßt, d. i. ein Gesetz der Annäherung oder Entfernung der Teile angeben läßt, nach welchem etwa die Proportionen ihrer Dichtigkeiten u. d. g. ihre Bewegungen samt ihren Folgen sich im Raume a priori anschaulich machen und darstellen lassen (eine Forderung, die schwerlich jemals erfüllt werden wird), so kann Chymie nichts mehr als systematische Kunst, oder Experimentallehre, niemals aber eigentliche Wissenschaft werden, weil die Prinzipien derselben bloß empirisch sind und keine Darstellung a priori in der Anschauung erlauben, folglich die Grundsätze chymischer Erscheinungen ihrer Möglichkeit nach nicht im mindesten begreiflich machen, weil sie der Anwendung der Mathematik unfähig sind"⁶⁹.

Die Frage, die so bezüglich der Chemischen Kristallographie und der Chemischen Geologie des 19. Jahrhunderts zu stellen wäre, ist also die, wie weit beide im Sinne **Kants** als "eigentliche Naturwissenschaft" verstanden werden können bzw. wie weit sie dies bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts geworden sind. Dabei dürfte es zunächst unschwer einzusehen sein, daß alle diejenigen Konzeptionen, in welchen eben 'keine Mathematik anzutreffen ist', nur "uneigentlich so genannte Naturwissenschaft" bzw. bestenfalls "rationale Wissenschaft" sein konnten. Dies gilt vor allem für **C. G. Bischofs** "physische Chemie" der Erde, und es gilt auch für die *geological chemistry* **T. S. Hunts** und **F. Mohrs** chemische *Geschichte der Erde*. Obgleich vor allem der letztere (durchaus im Sinne **Kants**) versuchte, die 'chemischen Wirkungen der Materien aufeinander' auf Bewegung zurückzuführen, so blieben seine 'Gründe oder Prinzipien doch zuletzt bloß empirisch', d. h. es fehlte die für **Kant** entscheidende mathematische Begründung.

Aus demselben Grund konnte, wie ebenfalls unschwer einzusehen ist, eine Mineralogie, welche die Mineralien allein nach naturhistorischen oder chemischen Kennzeichen bestimmen wollte, im Sinne **Kants** nur 'uneigentliche Naturwissenschaft' sein. Nicht ganz so eindeutig ist die Frage hinsichtlich der Chemischen Kristallographie zu beantworten, indem für diese nun eben gerade die (mathematische bzw. geometrische) Kristallform ein wesentliches Charakteristikum der Mineralien bzw. ihrer

68. Vgl. Kant: MAdN, A IX (Werke VIII, S. 15) (Herv. orig.).

69. Kant: MAdN, A X (Werke VIII, S. 15) (Herv. B. F.).

Bestimmung war. Vereinfacht ausgedrückt, könnte man die Frage dahingehend beantworten, daß es zwar das Ziel der Chemischen Kristallographie war, 'eigentliche Naturwissenschaft' im Sinne **Kants** zu sein, daß sie im 19. Jahrhundert letztlich aber doch 'rationale' bzw. 'uneigentliche Naturwissenschaft' geblieben ist. So ist eben **Groths** Chemische Kristallographie durchaus mit dem Anspruch aufgetreten, einen 'konstruierbaren Begriff' zu finden, mit welchem sich die "chymischen Wirkungen der Materien auf einander" bzw. deren "Bewegungen samt ihren Folgen ... im Raume a priori anschaulich machen" lassen. Erreicht hat sie dieses Ziel freilich nicht: sie blieb "systematische Kunst" bzw. 'uneigentliche Naturwissenschaft'⁷⁰.

Am nächsten kam den **Kantschen** Forderungen noch die Theorie der Kristallstruktur, und dies gilt zum Teil auch schon für **Haüy**. Zwar hat dieser seine Grundformen ("formes primitives") der Kristalle als induktiv gewonnene Abstraktionen verstanden⁷¹, welche durch Beobachtungen und Messungen an natürlich vorkommenden Kristallen abgeleitet worden waren. Aber sie waren ihm eben nicht nur die Grundformen der bisher aus der Natur bekannten - nach den Gesetzen der Dekreszenz ableitbaren - Formen ("formes secondaires"), sondern vielmehr aller möglichen Formen der Mineralien, d. h. auch derjenigen, welche vorläufig noch hypothetisch bzw. in der Zukunft (vielleicht) noch zu entdecken waren. Die eigentliche **Kantsche** Forderung, die 'Möglichkeit der Kristallformen' a priori zu bestimmen bzw. deren 'Begriff zu konstruieren', wäre dann aber erst mit der weiteren Entwicklung

70. Im Sinne Lockes könnte man dies dahingehend formulieren, daß das Wissen der Chemischen Kristallographie letztlich nicht über die tatsächliche Koexistenz von bestimmten 'sekundären Qualitäten' hinausreichte, d. h. Körperwissenschaft im strengen Sinne war sie nicht (vgl. o. Anm. 39). Indirekt bestätigt hat dies u. a. **Groths** Schüler **A. Fock**: Das "höchste und letzte Problem der Krystallographie" sei zwar die Erklärung der Beziehungen, welche sich zwischen der stofflichen Natur der Kristalle einerseits und ihren physikalischen und geometrischen Eigenschaften andererseits ergeben. Vorläufig sei man aber doch noch auf "die Untersuchung und Beschreibung der krystallographischen und physikalischen Eigenschaften möglichst vieler krystallisierter Medien" verwiesen, d. h. der Boden der Anschauung werde in der Chemischen Kristallographie letztlich nicht verlassen. Vgl. **Fock** (1888), S. v-vi. Vgl. hierzu auch noch einmal die Ausführungen von **A. Arzruni** zum Stand der Chemischen Kristallographie um 1890 (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.).

71. Vgl. hierzu etwa **Haüys** Bericht über seine Entdeckung des rhomboedrigen Kerns des Kalkspats, in **Haüy** (1801) I, S. 23. Vgl. hierzu auch **Burckhardt** (1988), S. 18-21 & 25f.

der (mathematischen bzw. geometrischen) Kristallographie, d. h. mit den Arbeiten von **L. Sohncke**, **E. Fedorov** und **A. Schoenflies** im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts erfüllt worden⁷².

In der Theorie der Kristallstruktur spielen nun allerdings die 'spezifischen Materien' letztlich keine Rolle, d. h. diese bezog sich nur bedingt auf "bestimmte Naturdinge". Schon allein aus diesem Grund konnte die mathematische Kristallographie, im Sinne **Kants**, keine "besondere metaphysische Naturwissenschaft" sein (wie er sie ja mit den **MadN** vor allem begründen wollte). Sie war letztlich nur "metaphysische Naturwissenschaft", welche ("ohne Beziehung auf irgend ein bestimmtes Erfahrungsobjekt") allein von den Gesetzen handelte, "die den Begriff einer Natur überhaupt möglich machen" (vgl. o. Anm. 67). Vor allem aber konnte auch die Theorie der Kristallstruktur keinen 'konstruierbaren Begriff' liefern, mit welchem sich die "chymischen Wirkungen der Materien auf einander" bzw. deren "Bewegungen samt ihren Folgen . . . im Raume a priori anschaulich machen" ließen.

Und damit wären wir jetzt eigentlich bei der Frage, wie weit bzw. in welcher Art und Weise denn nun die Kristallochemie und die Geochemie der Moderne des beginnenden 20. Jahrhunderts die **Kantsche(n)** Forderung(en) erfüllt haben. Bevor darauf jetzt aber eingegangen wird, muß zumindest noch kurz die Fassung des Materie/Form-Problems in der - eben gerne als Vorbereitung der Moderne (vgl. Kap. B. 3. 3. Anm. 58) genannten - romantisch-idealistischen Philosophie beleuchtet werden.

G. W. F. Hegel knüpfte - zumindest begrifflich - zunächst an die klassische (aristotelische) Bestimmung an: Form und Materie erscheinen im Verhältnis des Bestimmenden zum Bestimmten bzw. des Aktiven zum Passiven⁷³. Allerdings stehen beide bei ihm nicht

72. Vgl. hierzu etwa Burckhardt (1988), S. 65-93. Korrekterweise muß hier gesagt werden, daß dies jetzt allein mit Bezug auf Kant formuliert ist. Etwas anders sähe die Antwort aus, wenn auch der Tatsache Rechnung getragen würde, daß (nach heutiger Kenntnis) bei bestimmten Mineralien das Gesetz der Rationalität der Indizes erst in einem vierdimensionalen Raum erfüllt ist. Vgl. hierzu auch Hooykaas (1994), S. 107.

73. "Die Form bestimmt . . . die Materie, und die Materie wird von der Form bestimmt. - Weil die Form selbst die absolute Identität mit sich ist, also die Materie in sich enthält; ebenso weil die Materie in ihrer reinen Abstraktion oder absoluten Negativität die Form in ihr selbst hat, so ist die Thätigkeit der Form auf die Materie, und das Bestimmwerden dieser durch jene vielmehr nur das Aufheben des Scheines ihrer Gleichgültigkeit und Unterschiedenheit". Hegel: Logik (Werke IV), S. 560

mehr in einem statischen, sondern - gemäß der **Hegelschen** Methode - in einem dialektischen Verhältnis. Ähnlich wie bei **Kant**, sind Form und Materie Reflexionsbestimmungen: Sie gehören in die Lehre vom Wesen, innerhalb welcher sie sich als Bestimmungen der Entfaltung des Grundes ergeben. Die

"Einheit des Wesens und der Form, die sich als Form und Materie gegenübersetzen, ist der absolute Grund, der sich bestimmt. Indem sie sich zu einem Verschiedenen macht, wird die Beziehung um der zu Grunde liegenden Identität der Verschiedenen willen zur gegenseitigen Voraussetzung"⁷⁴.

Wesentlich an **Hegels** Bestimmung ist also, daß er das Verhältnis von Materie und Form als Einheit begreift. Beide, Form und Materie, gehören dem "Inhalt" an und sind ihm wesentlich: "Der Inhalt ist . . . das in Form und Materie Identische, ..." ⁷⁵. Indem beide einander "gegenseitige Voraussetzung" sind, müssen Änderungen der Materie, die **Hegel** auch als Substrat bestimmt ⁷⁶, Änderungen der Form nach sich ziehen, ebenso wie Änderungen der letzteren die Materie beeinflussen müssen.

In diesem Sinne könnte man auch bei **Hegel**, wie schon bei **Kant**, den **Haüyschen Relationssatz** sehen. Allerdings muß dies bei ihm doch eher mit Vorsicht gesagt werden. Wenn nach naturwissenschaftlichen Bezügen der logischen Bestimmung des Verhältnisses von Materie und Form bei **Hegel** gefragt wird, so wäre doch eher an jenen 'chemischen Prozeß' zu denken, wie ihn im Anschluß an **Hegel** vor allem auch **T. S. Hunt** bestimmt hat (vgl. Kap. B. 3. 2.), weniger eben an solche 'Regeln der sichtbaren Natur'.

Damit stimmt überein, daß bei **Hegel** das Verhältnis von Materie und Form in der eigentlichen *Naturphilosophie* nicht bzw. auf einer anderen Ebene erscheint, und zwar als die allgemeine Unterscheidung von 'Inhalt' und 'Form'. Dem Inhalt, welcher in der *Logik* als Einheit von Materie und Form bestimmt worden war, wird dort gewissermaßen eine zweite Art von Formen gegenübergestellt, nämlich die bloß akzidentellen (historischen) Formen. Daß dabei der Inhalt das eindeutig Bestimmende ist, versteht sich im Grunde von selbst. In diesem Sinne ist es dann etwa auch zu verstehen, wenn **Hegel** - mit Bezug auf **A. G. Werners** zeitliche Ordnung der Gesteine - den "inneren Zusammenhang", die

g

(Herv. orig.); vgl. auch ebd. S. 561f.

74. Hegel: *Logik* (Werke IV), S. 562.

75. Hegel: *Logik* (Werke IV), S. 566.

76. Vgl. Hegel: *Logik* (Werke IV), S. 560.

"nothwendige Beziehung" der Gesteinsabfolge in der Natur vor allem durch deren (materiale) "Beschaffenheit", ihren "Inhalt" konstituiert sieht, und eben nicht durch die letztlich zufällige "Form der Geschichte" (d. h. die Lagerungsfolge)⁷⁷.

In ganz ähnlicher Bedeutung, d. h. als die allgemeine Bestimmung von 'Inhalt' und 'Form' (und dabei ebenfalls mit deutlicher Betonung des Inhalts) erscheint das Verhältnis von Materie und Form schließlich bei **L. Oken** in dessen *Lehrbuch der Naturphilosophie*. Diese ist hier vor allem auch insofern von Interesse, als **Oken** jenes Verhältnis nun speziell mit Bezug auf das von Kristall-Form und 'Inhalt' der Mineralien diskutiert:

"Man hat mit Unrecht die Crystallographie zum Eintheilungsprincip der Mineralogie gemacht. Ein einzelner Character kann nie Eintheilungsprincip werden. Wenn es auch wirklich war wäre, daß die Form sich immer nach dem Inneren richte; so dürfte die Form doch nicht Eintheilungsprincip werden, sondern das Innere selbst. Die Form wäre nur ein Kennzeichen, aber nicht der Geist, das Wesen der Masse"⁷⁸.

Die Behandlung des Materie/Form-Problems bei **Hegel** und **Oken** erinnert so zum Teil wieder eher an eine vorkantische Fassung des Problems. Vor allem ist die Trennung zwischen den 'metaphysischen Formen' und den 'Formen der sichtbaren Natur' indirekt insofern wieder verstärkt worden, als die von **Kant** in den *MAdN* aufgezeigte Möglichkeit einer 'Vermittlung' zwischen der transzendentalen Ebene und der Ebene der Anschauung über die Mathematik fehlt. Das eigentliche Materie/Form-Problem war wieder der Logik bzw. der Metaphysik zugewiesen. Auf der Ebene der sinnlichen Wahrnehmung erschien es - gewissermaßen als dessen 'Abbild' - als die allgemeine Trennung von Inhalt und Form, wobei dann auch die Betonung wieder deutlich auf dem Inhalt gegenüber der letztlich zufälligen Form lag⁷⁹. Gerade damit wäre dann aber auch die

g.

77. Hegel: *Naturphilosophie* (Werke IX), S. 465 (Herv. B. F.). Vgl. auch Kap. B. 3. 3.

78. Oken (1831), S. 82. Speziell bei Oken müßte dann natürlich auch gesehen werden, daß für ihn letztlich weder Form noch Inhalt hinreichend waren, die 'Natur' der Mineralien zu bestimmen, sondern daß hierfür vor allem die Entwicklungsgeschichte maßgebend war. Vgl. Kap. B. 3. 3.

79. Dies mag teilweise als 'Rückschritt' erscheinen, und eine solche Interpretation wäre (zumindest aus 'moderner Sicht') auch nicht ganz unrichtig. Dabei sollte dann aber auch gesehen werden, daß dieser (nicht nur scheinbare) 'Rückschritt' historisch vor allem im Kontext des kulturwissenschaftlichen Gegensatzes von 'Moderne' und 'Gegenmoderne' bzw. von 'Aufklärung' und 'Gegenaufklärung' zu fassen wäre (zu diesen Begriffen vgl. Teil A. Anm. 41 & 42).

romantisch-idealistische Fassung des Materie/Form-Problems das eigentliche Spiegelbild der (chemischen) Mineralogie und chemischen Geologie der ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts: Wenngleich die Bedeutung der Kristall-Form für die Beschreibung der Mineralien nicht mehr bezweifelt wurde, so blieb doch der 'chemische Inhalt' - und gerade **Mitscherlichs** Entdeckung des Iso- bzw. Dimorphismus sollte dies ja eigentlich noch bestätigen - zunächst eindeutig im Vordergrund.

Das eigentliche Programm der Chemischen Kristallographie bzw. der Chemischen Geologie der Moderne hat also, wie oben gesagt, **Kant** formuliert. Er hatte gefordert, einen 'konstruierbaren Begriff' zu finden, mit welchem sich die "chymischen Wirkungen der Materien auf einander" bzw. deren "Bewegungen samt ihren Folgen ... ^oim Raume a priori anschaulich machen" ließen (vgl. o. Anm. 69). Dieses - von **Kant** selbst noch als kaum je erfüllbar angesehene - Programm hat die Moderne des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts eingelöst. Die Art und Weise, wie sie dies getan hat, wird uns im Folgenden zu beschäftigen haben.

Die Einlösung des **Kantschen** Programms erfolgte nun allerdings auf einem etwas anderen Weg, als **Kant** ihn voraussehen konnte. Und vor allem erfolgte sie in einem sozial- und kulturgeschichtlichen Kontext, der mit dem des ausgehenden 18. Jahrhunderts kaum noch etwas gemeinsam hatte. Es erscheint deshalb wenig sinnvoll, hier nun gewissermaßen die einzelnen materialen Entwicklungen der Kristallochemie und der Geochemie bestimmen zu wollen, welche in diesem Sinne als 'Erfüllung' der **Kantschen** Forderungen zu verstehen wären⁸⁰. Stattdessen soll hier

80. Damit ist nicht gesagt, daß nicht manche der modernen Entwicklungen durchaus mit direktem Bezug auf Kant interpretiert werden könnten. So wäre etwa zu fragen, ob nicht die Kristallform - und damit implizit auch die Materie - der modernen Mineralogie tatsächlich eher transzendente Objekte im Sinne Kants sind (und eben kaum noch Gegenstände der sinnlichen Wahrnehmung). Vgl. hierzu auch Hooykaas (1994), S. 106f. Ähnlich könnte das Verhältnis der Kristallochemie bzw. Geochemie V. M. Goldschmidts zur Chemischen Kristallographie Groths als das von 'eigentlicher' und 'uneigentlicher Naturwissenschaft' erklärt werden. Und nicht zuletzt könnte V. M. Goldschmidts "Mineralogische Phasenregel" (und damit dann natürlich auch die Phasenregel von J. W. Gibbs selbst) im Sinne der Kantschen Forderung verstanden werden, die "Wirkungen der Materien aufeinander" bzw. deren "Bewegungen samt ihren Folgen im Raume a priori anschaulich" zu machen.

versucht werden, diesen veränderten kulturgeschichtlichen Kontext selbst etwas näher zu beschreiben. Daß dies dann hier wiederum nur thesenartig bzw. exemplarisch geschehen kann, bedarf keiner Begründung. Wie schon im Vorhergehenden, stehen auch hier ideengeschichtliche Aspekte im Vordergrund. Hatte allerdings bisher vor allem die Naturphilosophie dazu gedient, den ideengeschichtlichen Kontext der klassischen Chemischen Kristallographie bzw. der Chemischen Geologie und damit einige ihrer impliziten Bestimmungsmomente widerzuspiegeln, so wird diese Funktion für die Moderne vor allem die Kunstgeschichte haben⁸¹.

Der eigentlich zentrale Begriff der folgenden Überlegungen ist der Begriff der *Energie*. Allein schon die Tatsache, daß dieser Begriff - insofern, als er eben in der klassischen Naturforschung bzw. Naturphilosophie praktisch keine Rolle spielte - bisher eigentlich noch gar nicht genannt worden war, während er auf der anderen Seite aus der Moderne des 20. Jahrhunderts nicht wegzudenken ist, verweist auf seine herausragende Bedeutung hinsichtlich des Verständnisses von Moderne überhaupt. In diesem Sinne ließe sich dann auch schon hier die Lösung formulieren, welche die Moderne dem klassischen Materie/Form-Problem gab bzw. durch welche sie das **Kantsche** Programm einlöste: Die Moderne hat mit **Kant** der (mathematisch konstruierbaren) Form den Vorrang vor der Materie gegeben, und als eine solche (mathematisch konstruierbare) 'Form' bestimmte sie die Energie. Die Energie wäre dann jener 'konstruierbare Begriff', den **Kant** gefordert hatte, um die Chemie zur eigentlichen Naturwissenschaft werden zu lassen.

Dabei wäre dann zunächst zu sehen, daß die moderne (quantifizierbare, d. h. mathematisch konstruierbare) 'Energie' nur mehr sehr bedingt den (qualitativen) 'Kräften' der klassischen Naturforschung entspricht. Damit ist nicht gesagt, daß nicht bestimmte Aspekte des modernen Energiebegriffs im dynamischen Materiebegriff (also bei **Leibniz**, **Kant** usw.) vorgezeichnet sind. Entscheidend ist, daß die 'klassischen Kräfte' (in Analogie zu den 'klassischen Qualitäten') immer als gewissermaßen 'ideale Wesenheiten' verstanden wurden, welche

81. Hierzu und zum Folgenden sei dann auch, wenngleich mit Einschränkungen, verwiesen auf Sedlmayr (1964), hier vor allem S. 170-222.

letztlich der sinnlichen Wahrnehmung entzogen und so von der wahrnehmbaren Materie - unabhängig davon, wie weit sie im Begriff als notwendig mit dieser verbunden gedacht wurden - getrennt blieben⁸². In diesem Sinne hatte **F. Mohr** das Verhältnis von Kraft und Materie bestimmt, und in diesem Sinne gehörte auch noch 1876 für **G. Tschermak** die Kraft zu jenen "Genien", die "ausser dem Kreise der Anschauung geboren" sind. Und - mit deutlichen Anklängen an **Aristoteles** bzw. zum Teil auch an **Hegel** - hieß es dann weiter:

"Jede Betrachtung des Naturganzen ... hält zuerst bei der allumfassenden Wirkung an, die sie in ein Thätiges und ein Leidendes zerlegt, in Kraft und Materie. Das Wesen der Kraft aber ist jeder Vorstellung entrückt. Nur das Materielle, das Stoffliche scheint immer anschaulich und greifbar zu bleiben"⁸³.

Ein ähnliches Beispiel gibt der Philosoph **H. Vaihinger** in seiner (ebenfalls in den 70-er Jahren des 19. Jahrhunderts entstandenen) *Philosophie des Als Ob*, wenn er als eine der wichtigsten Fiktionen der Naturwissenschaften den Begriff der Kraft nennt, "jenes berüchtigte und oft so verhängnisvolle Produkt der Phantasie"⁸⁴. Und hierher wären dann auch die

82. Vgl. in dieser Hinsicht auch Kants Bestimmung der "Kraft" in den MAdN als "die ursprünglich bewegende Kraft", welche zur "Qualität der Materie" gehört. Vgl. Kant: MAdN, A XXf. (Werke VIII, S. 22). Der klassische 'Kraft'-Begriff selbst bzw. dessen Verhältnis zur 'Energie' kann hier nicht im einzelnen diskutiert werden. Es sei aber zumindest angemerkt, daß vor allem deren 'idealer Charakter' zu sehen ist, wenn nach möglichen Vorbereitungen des modernen Energie-Begriffs in der klassischen Konzeption der Kraft gefragt wird. So kann es eben nur bedingt als Vorgriff der modernen ('realen') Einheit von Materie und Energie verstanden werden, wenn G. Tschermak - mit Bezug auf M. Faraday, welcher "im Atom nur ein Kraftzentrum" habe erkennen wollen - bemerkt, daß möglicherweise der Unterschied zwischen "den Atomen des Naturforschers" und Leibniz' "übersinnlichen Atomen oder Monaden ... kein so wesentlicher" ist, als es "im ersten Augenblick scheinen mag". Vgl. Tschermak (1876), S. 29. Entsprechendes gilt für Hegels dialektische Einheit von Form und Materie. Insofern, als auch für ihn die Form das Bestimmende bzw. das Aktive - und damit eben die 'tätige Kraft' (im Gegensatz zur 'passiven Materie') - ist (vgl. o. Anm. 73 & 74), könnte die Identität von Form und Materie als die moderne Einheit von Energie und Materie interpretiert werden. Allerdings blieb jene Einheit bei Hegel doch letztlich auf den 'idealen Bereich' beschränkt, d. h. im Bereich der sichtbaren Natur blieb die Trennung als die von (historisch zufälliger) Form und (wesentlichem) Inhalt bestehen.

83. Tschermak (1876), S. 29.

84. Vgl. Vaihinger (1911), S. 376; vgl. auch S. 377-9; vgl. weiter Teil A. Anm. 53.

"krystallbauende Kraft" **V. Goldschmidts**⁸⁵ und die "Molekularkräfte" **O. Lehmanns**⁸⁶ zu rechnen (vgl. Kap. B. 2. 2. & B. 2. 3.). Obwohl der letztere seine Frage nach den Molekularkräften auch als die Frage nach der "Quelle der Energie der Organismen" verstand, so blieben diese doch letztlich ebenfalls in erster Linie qualitative Kräfte.

Vereinfacht ausgedrückt, stellt sich also das Verhältnis des klassischen 'Kraft'-Begriffs zur modernen 'Energie' als ein 'Real-Werden' der klassischen 'idealen Kräfte' - und damit eben letztlich der aristotelischen Qualitäten - in der modernen (quantifizierbaren) Energie dar. Ein ähnliches Beispiel für ein solches 'Real-Werden' einer zunächst 'idealen Wesenheit' bietet der Begriff des Atoms, wie es wiederum mit Bezug auf **H. Vaihinger** deutlich wird. Für **H. Vaihinger** war die Annahme von Atomen ein Beispiel dafür, wie wir in den Naturwissenschaften mit einem bewußt willkürlichen und falschen Begriff - also mit einer Fiktion - doch "glücklich und erfolgreich" operieren könnten, ja ohne diese Annahme im Grunde nicht so gut oder gar nicht zum Ziel kämen⁸⁷. Im 20. Jahrhundert ist dieser Begriff, wie es - im Hinblick darauf, daß Atom und chemisches Element sich als identisch erwiesen haben - etwa der Geochemiker **V. J. Vernadskij** formulierte, "zur Wirklichkeit geworden"⁸⁸. Und in diesem Sinne erklärte **Vernadskij** dann diese ehemals 'fiktiven Gebilde' zur eigentlichen 'realen' Grundlage der modernen Geochemie⁸⁹.

Festzuhalten bleibt hier also, daß die moderne energetische Betrachtung der Mineralien bzw. der geologischen Prozesse, wie sie sich am Ende des neunzehnten bzw. zu Beginn unseres Jahrhunderts herauszubilden begann, nur mehr sehr bedingt mit der klassischen Frage nach den 'krystallbauenden Kräften' bzw. mit der klassischen dynamischen Auffassung gleichgesetzt werden kann. In diesem Sinne läßt dann auch **V. I. Vernadskij** in seinen *Beiträgen zur Energetik der Kristalle* (1908) die "Ideen über die Möglichkeit der Anwendung der Principien der Energetik und der Gleichgewichtslehre zur Erklärung der Krystallisationsvorgänge" - obwohl deren "erste Spuren ... in den Annalen der Wissenschaft"

85. Vgl. V. Goldschmidt (1886), S. 6.

86. Vgl. Lehmann (1908), S. 35.

87. Vgl. Vaihinger (1911), S. vii; vgl. dazu auch S. 101-5 & 429-51.

88. Vgl. Vernadskij (1930), S. 15.

89. Vgl. Vernadskij (1930), S. 4.

sehr weit zurückverfolgbar seien - erst mit **J. Thomson** und **J. W. Gibbs** bzw. speziell dann mit **P. Curie** in den 80-er Jahren des 19. Jahrhunderts beginnen⁹⁰.

Weitere Beispiel für die moderne 'Energetik' wären etwa **V. M. Goldschmidts** Versuch, die "Gesetze der Krystallochemie" bzw. die "allgemeinen Gesetze" über Isomorphie, Polymorphie und Morphotropie "energetisch" zu begründen⁹¹, oder die von **C. R. Van Hise** (1857-1918), dem eigentlichen 'Propagandist' des Geophysikalischen Laboratoriums der Carnegie Institution in Washington, mit Bezug auf die Geologie entwickelte regelrechte 'Philosophie der Kräfte'. "Natural philosophy" im weitesten Sinne war für **Van Hise** "the science which treats of energy and matter". Und indem die Physik primär von der Energie, die Chemie dagegen primär von der Materie handle, so wäre die neue "physico-chemistry", welche **Van Hise** als die eigentliche Grundlage der Geologie forderte, ein "synonym of natural philosophy in its broad sense"⁹².

Insbesondere bei letzterem wird nun auch deutlich, daß der klassische (qualitative) Kraft-Begriff in der Moderne durchaus noch weiterbestand. In **Van Hise**' 'Philosophie der Kräfte' finden sich eine Reihe von - nicht nur terminologischen - Anklängen an die klassischen (qualitativen) Kräfte, so etwa, wenn er den Äther als notwendig mit der Materie verbunden bzw. als notwendigen Bestandteil der "substance" betrachtet und ihn dann auch - neben der Luft, dem Wasser und dem Gestein - zu den wesentlichen geologischen Agenzien ("agents") zählt⁹³.

Gerade das Weiterbestehen des klassischen (qualitativen) Kraft-Begriffs bzw. einzelner seiner Elemente (insbesondere eben der Auffassung der Kraft als einer eher 'idealen Wesenheit') war dann auch mitbestimmend für das Gewicht, welches der Energie-Begriff in der Moderne erhielt: Die 'Energie' konnte so nämlich - und zwar noch viel mehr, als der letztlich bloß formale 'konstruierbare Begriff' **Kants** - als das eigentliche 'physische Bindeglied' zwischen dem Bereich der sinnlichen erfahrbaren (quantifizierbaren) Natur und der 'übersinnlichen Natur' verstanden werden.

90. Vgl. Vernadskij (1908), S. 124.

91. Vgl. V. M. Goldschmidt (1926a), S. 112-7.

92. Vgl. Van Hise (1904b), S. 589f.

93. Vgl. Van Hise (1904b), S. 589 & 594.

Zusammenfassend gesagt, ist also das eigentlich Charakteristische der modernen Energie nicht einmal so sehr, daß sie im Gegensatz zu den klassischen Kräften quantifizierbar geworden ist. Bestimmend ist vielmehr der neue 'Realitätsgrad', den die Kräfte in der modernen Energie erhalten haben. Die ehemals 'idealen Kräfte' haben in der modernen Energie - insofern, als energetische Prozesse letztlich die eigentliche Ursache z. B. der Kristallisation oder bestimmter geologischer Prozesse sind - sogar einen gewissermaßen höheren 'Realitätsgrad' erhalten als die Materie selbst, d. h. als die klassische Substanz bzw. die klassische *physis*. Und dies wäre dann endlich, in anderer Formulierung, jener Prozeß des Verschwindens der Materie⁹⁴, an dem eine historische Anthropologie der Moderne anzusetzen hätte.

Und wie sie dies tun könnte, dies soll nun abschließend noch kurz skizziert werden.

Es war schon im Zusammenhang mit der auffälligen zeitlichen Parallele zwischen der Entwicklung der Naturphilosophie 'von **Kant** bis **Hegel**' und der der Mineralogie bzw. Chemischen Kristallographie 'von **Haüy** bis **Mitscherlich**' gesagt worden, daß für eine historische Anthropologie (der Moderne) eigentlich weniger mögliche direkte Einflüsse von Interesse sind, wie sie

94. Dieser Prozeß des Verschwindens der Materie wird nun im Folgenden vor allem aus dem Blickwinkel der Kunstgeschichte dargestellt. In der Chemischen Kristallographie bzw. der Chemischen Geologie der Moderne selbst manifestierte er sich - wie eben überhaupt in den Naturwissenschaften - in erster Linie in der zunehmenden Bedeutung der physikalischen bzw. quantifizierbaren Kennzeichen der Mineralien gegenüber ihrer chemischen ('qualitativen') Zusammensetzung (welche dann natürlich weit ins 19. Jahrhundert zurückzuverfolgen wäre; vgl. o. Anm. 51). So wäre etwa V. M. Goldschmidts Kritik des Atomgewichtes als eines maßgeblichen Faktors für die Frage nach dem Zusammenhang von chemischer Zusammensetzung und Kristallform (vgl. Kap. B. 1. 1. 2.) im Kontext dieses 'Verschwindens der Materie' zu verstehen. Auch das Atomgewicht - für Groth und vor allem für sein englisches 'alter ego' A. E. H. Tutton ja der eigentliche Schlüssel zum Verständnis des Isomorphismus - war ein quantitatives Kennzeichen der Stoffe. Aber als eine spezifische Stoffkonstante ohne Benennung konnte es eben noch als Ausdruck 'spezifischer Stoffverschiedenheit' verstanden werden. Indem Goldschmidt dann zeigte, daß es für die Kristallochemie letztlich nicht - oder nur in bestimmten Sonderfällen - relevant ist, erklärte er in einem übertragenen Sinne die 'chemische Substanz' bzw. die 'spezifische Natur' der Stoffe als hierfür nicht relevant.

eine solche 'Gleichzeitigkeit' zunächst nahelegen mag. Interessant ist vielmehr diese 'Gleichzeitigkeit' selbst, insofern als damit die jeweils andere Entwicklung gewissermaßen als Spiegelbild derjenigen Bestimmungsmomente gelesen werden kann, welche die zeitlich parallele - letztlich nicht direkt vergleichbare - Entwicklung implizit mit konstituiert haben. 9.

Und eine solche auffällige zeitliche Parallele zur Entwicklung der Moderne der Chemischen Kristallographie und der Chemischen Geologie bildet nun die Entwicklung der modernen Kunst⁹⁵. Ein konkretes Beispiel mag diese zeitliche Parallelität verdeutlichen. Wenn nach wesentlichen Momenten in der Entwicklung der modernen bildenden Kunst und der modernen Musik gefragt wird, so wären hier zweifellos mit an erster Stelle die ersten abstrakten Malereien von **Wassily Kandinsky** (1866-1944) aus dem Jahr 1910 und die ersten (1908/1909 entstandenen) atonalen Musikstücke **Arnold Schönbergs** (1874-1951) zu nennen. Fragen wir nach vergleichbar markanten Ereignissen in der Entwicklung der modernen Geowissenschaft, so wären dies etwa **V. M. Goldschmidts** 1911 veröffentlichte Untersuchung über die *Kontaktmetamorphose im Christianiagebiet*, **M. von Laues** Nachweis der Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen im Jahr 1912 und die im gleichen Jahr veröffentlichte Theorie der Kontinentalverschiebung **Alfred Wegeners** (1880-1930). Diese fünf Ereignisse gelten als wesentliche Zeitmarken der Entwicklung der Malerei, der Musik, der Geochemie, der (Chemischen) Kristallographie und der Tektonik der Moderne. Und alle fünf haben sich eben in einer sehr kurzen Zeitspanne von nur vier Jahren um das Jahr 1910 ereignet.

Diese 'Gleichzeitigkeit' verweist auf eine umfassendere zeitliche Parallele zwischen der Entwicklung der modernen

95. Es geht hier also wohlgedacht um einige 'Beobachtungen' zu dieser zeitlichen Parallele, d. h. es sollen hier weder ursächliche Beziehungen postuliert noch sollen Wissenschaft und Kunst als gewissermaßen faktisch identische Unternehmungen dargestellt werden. Mit Bezug auf einige entsprechende Überlegungen von E. M. Hafner, hat etwa schon T. Kuhn darauf hingewiesen, daß es zwar durchaus richtig sei, daß die Unterscheidung von Wissenschaft und Kunst umso schwieriger werde, je mehr man sich damit beschäftige, daß aber trotzdem beider Produkte bzw. die Prozesse, die zu diesen Produkten führen, letztlich nur sehr bedingt gleichgesetzt werden könnten. Allenfalls ließe sich eine solche Übereinstimmung hinsichtlich der Reaktion der Öffentlichkeit auf die Produkte moderner Wissenschaft und moderner Kunst konstruieren. Vgl. Kuhn (1978), S. 446-8. Vgl. hierzu dann auch Hafner (1969), hier vor allem S. 385.

Geowissenschaft und der der modernen Kunst. Die unmittelbaren Ausgangspunkte beider Entwicklungen, welche dann eben in den genannten Ereignissen in den Jahren vor dem ersten Weltkrieg einen ersten Höhepunkt und zugleich einen vorläufigen Abschluß finden, liegen im wesentlichen in den 70-er und 80-er Jahren des 19. Jahrhunderts: Für **V. M. Goldschmidt** wären dies vor allem die Arbeiten von **J. W. Gibbs** und die Lösungsgesetze **J. H. van't Hoff's**, für die Kristallographie die Arbeiten **L. Sohnckes**, **E. Fedorov's** und **A. Schoenflies'**, und für **Wegener** die neue 'Globaltektonik' des Wiener Geologen **E. Sueß**. Analog wäre für die Entstehung der abstrakten Malerei der Impressionismus zu nennen, jener Malstil, der zugleich als Ausdruck einer neuen Einstellung zu Kunst und Leben gesehen und vor allem auch deshalb an den Beginn der modernen bildenden Kunst gestellt wird⁹⁶, und

96. 1874 veranstalteten die französischen Impressionisten ihre erste gemeinsame Ausstellung, wobei sich unter den ausgestellten Werken auch C. Monets (1872 entstandenes) Gemälde "Impression, soleil levant" befand, welches der gesamten Kunstrichtung den Namen geben sollte. Vgl. hierzu etwa Gombrich (1986), S. 431-74. Der Impressionismus wäre überhaupt diejenige Richtung der modernen Kunst, welche sich für eine weitergehende Untersuchung ihrer Entwicklungsparellen zur modernen Wissenschaft im Sinne der hier intendierten historischen Anthropologie anbieten würde. Dies gilt schon allein deshalb, weil sich bekanntlich gerade die impressionistischen Maler - allen voran Camille Pissarro (1830-1903) und Georges Seurat (1859-1891) - an der wissenschaftlich begründeten Optik bzw. der Farbenlehre (vor allem an den Werken von H. von Helmholtz und J. C. Maxwell) orientierten. Vgl. hierzu etwa Pool (1970), S. 12-15; vgl. auch S. 172-178 & 243-245. Vor allem aber ist es die eigenartige Doppelgestaltigkeit des Impressionismus, die ihn in dieser Hinsicht aussagekräftig macht. Der Impressionismus kann einerseits als 'Höhepunkt der Naturtreue' bzw. des 'photographischen Realismus' gesehen werden, auf der anderen Seite liegen gerade in diesem Streben nach einer 'absoluten Naturtreue' die Wurzeln der abstrakten Malerei. Die Malerei des Impressionismus blieb auf der einen Seite naturalistisch, d. h. an der Oberfläche blieb sie scheinbar sogar gegenständlich. Auf der anderen Seite stellte sie die äußerste Konsequenz der im 18. Jahrhundert beginnenden "Entgegenständlichung der Malerei" dar (ein Prozeß, der oft auch mit dem Schlagwort der "Befreiung der Farbe" im Impressionismus umschrieben wird). Vgl. hierzu jetzt vor allem Schmalenbach (1965), S. 13-26, hier S. 16 & 23. Vgl. auch Pool (1970), S. 16-20, 55-57 u. ö. Etwas pragmatischer ausgedrückt, bedeutete dies, daß die zentrale Frage der französischen Impressionisten eben die war, wie ein Bild zu malen sei (und eben nicht die nach dem Gegenstand), d. h. die Form wurde gewissermaßen selbst zum Inhalt. Vgl. Plessner (1970), S. 181. In diesem Sinne könnte dann auch die parallele Entwicklung der Chemischen Kristallographie (bzw. überhaupt der Naturwissenschaften) verstanden werden: Gerade das Streben nach 'absoluter Naturtreue' zwang letztlich zum Verlassen des Gegenstandes, d. h. dazu, von der Materie zur Form und schließlich zur Energie überzugehen.

schließlich für die atonale Musik **Schönbergs** die neue Harmonik in **R. Wagners** (1865 uraufgeführter) Oper *Tristan und Isolde*⁹⁷.

So unterschiedlich diese einzelnen Ereignisse bzw. Entwicklungen also auch sein mögen, so zeigen sie doch eine auffällige zeitliche Parallelität, und gemeinsam stehen sie für einen historischen Zeitraum - den von etwa 1870 bis zum Beginn des ersten Weltkrieges -, in welchem sich die Begriffe bzw. die Aufgaben, die Zielsetzungen und die Grundlagen sowohl der bildenden Kunst und der Musik als auch der einzelnen Disziplinen der Geowissenschaften stärker verändert haben, als wohl jemals zuvor in ihrer Geschichte. Und wenn wir diese - in etwa zeitlich parallel verlaufenden - Veränderungen beschreiben wollen, so können wir dies für die bildende Kunst, die Musik, die Tektonik, die Petrologie, die Kristallographie usw. zu einem großen Teil in gemeinsamen Begriffen tun wie 'Abstraktion', 'Verlust der (äußeren) Natur', 'Ablösung vom Gegenstand', 'Konstruktion der Natur' oder eben: 'das Verschwinden der Materie'⁹⁸.

Ein konkreter Anknüpfungspunkt hierbei wäre nun etwa der *idealistische Positivismus* der Jahrhundertwende, und zwar in doppelter Hinsicht, nämlich zum einen als die bestimmende Epistemologie der Jahrhundertwende⁹⁹, zum anderen als die nun schon verschiedentlich angesprochene Philosophie **H. Vaihingers** (vgl. Teil A.). Dazu soll hier allerdings der Hinweis genügen, daß gerade dieser idealistische Positivismus - der seine Stütze eben auch bei **Kant**, **Nietzsche** und **Schopenhauer** gefunden hatten - auch von den Literaten¹⁰⁰ und den bildenden Künstlern, zum Teil ganz bewußt, aufgegriffen wurde.

Im Sinne eines solchen *idealistischen Positivismus* kann damit auch **W. Kandinskys** Abhandlung *Über die Formfrage* (1912) gelesen werden. Er unterschied dort "zwei Pole", zwischen denen sich die Kunst eigentlich schon immer bewegt habe: die "große Abstraktion" und die "große Realistik", d. h. das "Reirkünstlerische" und das "Gegenständliche". Diese beiden Pole eröffneten "zwei Wege", welche aber "schließlich zu einem Ziel"

97. Vgl. etwa Fortner (1951), hier S. 165.

98. Vgl. zu diesem Begriff auch noch einmal Asendorf (1989).

99. Vgl. Bachelard (1974), S. 116-47, hier vor allem S. 125-9. Vgl. ferner Bruch/Graf/Hübinger (Hrsg.) (1996).

100. Zu Vaihingers Rezeption bei den Schriftstellern der Jahrhundertwende vgl. etwa Bridgwater (1979), hier S. 31-6.

führten¹⁰¹. **Kandinskys** eigentliches Anliegen hierbei war, zu zeigen, daß sich die moderne Kunst mehr und mehr vom Realen und Materiellen entferne bzw. sich mehr und mehr zur Form, zum Geistigen, hin bewege bzw. bewegen solle. Nicht "zur Beschränkung" sollten wir streben, so heißt es dort, "sondern zur Befreiung". Und diese 'Befreiung' ist ihm die Loslösung von der einen Form des Materiellen und der Übergang zur Vielzahl der Formen bzw. zur Freiheit des Geistigen¹⁰². Die beiden Hauptmomente, welche diese "heutige Bewegung" konstituierten, waren für **Kandinsky** - und damit formulierte er jetzt gewissermaßen die kunsthistorische bzw. die sozialgeschichtliche Fassung der These vom 'Verschwinden der Materie' - zum einen "das Zersetzen des seelenlos-materiellen Lebens des 19. Jahrhunderts, d. h. das Fallen der für einzig fest gehaltenen Stützen des Materiellen, das Zerfallen und Sichauflösen der einzelnen Teile", zum anderen "das Aufbauen des seelisch-geistigen Lebens des 20. Jahrhunderts", welches sich auch bereits "in starken, ausdrucksvollen und bestimmten Formen" manifestiere und verkörpere¹⁰³.

Die Tatsache, daß **Kandinsky** selbst die moderne Kunst als eine 'Abkehr vom Materiellen' bestimmt hat, ließ dann natürlich auch die Kunsthistoriker des 20. Jahrhunderts den Prozeß der Herausbildung einer Moderne in der Kunst vielfach in diesem Sinne beschreiben. Exemplarisch verwiesen sei hier zumindest auf **H. Nohls** Studie über *Die ästhetische Wirklichkeit* (1954), welche nun jenen Prozeß gerade in dem Sinne interpretiert, in dem hier die Herausbildung einer Moderne der Chemischen Kristallographie bzw. der Chemischen Geologie beschrieben wurde, d. h. als ein Entwicklungsprozeß von einem zunächst primären Interesse an der Materie zur Betonung der Form und schließlich der Kraft bzw. der Energie¹⁰⁴. **Nohl** sieht im Zusammenhang mit den positiven

101. Vgl. Kandinsky (1912b), S. 147f.; vgl. auch das als Motto vorangestellte Zitat Kandinskys. Vgl. weiter Sedlmayr (1964), S. 115-27.

102. "Das ängstliche Sichhalten an einer Form führt unvermeidlich in eine Sackgasse. Das offene Gefühl - zur Freiheit. Das erste ist das Folgen der Materie. Das zweite - dem Geiste: der Geist schafft eine Form und geht zu weiteren über". Kandinsky (1912b), S. 146 (Herv. orig.).

103. Vgl. Kandinsky (1912b), S. 181.

104. Die Beobachtung, daß die Herausbildung einer Moderne in der bildenden Kunst, der Musik, der Literatur oder auch den Naturwissenschaften - so unterschiedlich diese Bereiche im Einzelnen auch sein mögen - in dieser und ähnlichen historischen, soziologischen oder philosophischen Untersuchungen vielfach in ganz analogen Begriffen beschrieben werden bzw. diese sich -

Erfahrungswissenschaften und ihren Methoden, vor allem aber bedingt durch die naturalistische Bewegung, in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts den Versuch entstehen, der ästhetischen Wirklichkeit - statt von oben aus der Idee - empirisch von unten durch Analyse ihrer elementaren Bedingungen exakter und allgemeingültiger beizukommen. Das Verhältnis zur Wirklichkeit habe sich "wieder einmal im Innersten geändert". Wolle man diesen Wandel mit einem Satz bezeichnen, der insbesondere dann auch das ästhetische Verhalten aufkläre, so könne man vielleicht sagen:

"hinter den Formen wird jetzt nicht mehr der Gehalt, sondern die Kraft gesucht"¹⁰⁵.

Dies gelte für alle Lebensbereiche, vor allem für die Naturwissenschaften. Nicht zuletzt aber zeige sich dieser Wandel auch in der Politik: So habe eben **Bismarck** - statt nach der 'Form' des Staates zu fragen, wie es die deutschen Idealisten getan hätten - nach dessen Macht gefragt, und damit das "Wirklichkeitsbewußtsein seiner Generation auf das Tiefste beeinflusst". Überall sei man jetzt auf die physiologischen, soziologischen und technischen Grundlagen der geistigen Existenz zurückgegangen, womit zugleich die autonomen idealen Formen, Begriffe, Gestalten und Institutionen ihre Stütze im Leben wie in der Wissenschaft und der Kunst verloren hätten¹⁰⁶.

Ein konkreter Aspekt dieses neuen "Wirklichkeitsbewußtsein" bzw. dieses gewandelten Verhältnisses zur Wirklichkeit, welcher sich dann auch wieder direkt auf die Naturwissenschaften beziehen läßt, war nun vor allem die - von kunsthistorischer Seite immer wieder als maßgebliche Bedingung der Entstehung der modernen Kunst genannte, im 18. Jahrhundert beginnende und um 1880 im wesentlichen beendete - "Aufgabe des von der Renaissance ererbten Prinzips der Naturnachahmung", eines "Reportage-Realismus", der von der Photographie abgelöst worden sei¹⁰⁷.

zumindest dem Laien - als sehr ähnliche Phänomene darstellen, war letztlich überhaupt eines der Motive, eine solche Parallelisierung von moderner Kunst und moderner Wissenschaft im Sinne einer historischen Anthropologie der Moderne zu versuchen. Vgl. hierzu etwa auch Bloch (1963), S. 75-80.

105. Nohl (1954), S. 182.

106. Vgl. Nohl (1954), S. 182f. Als ein weiteres Beispiel für den "neuen Kunstwillen" der Moderne könnte die Musik der Opern Richard Wagners stehen, welche die Auflösung der Form zugunsten der Kraft und der Massenwirkung repräsentierte.

107. Vgl. Baumgart (1972), S. 264f. (Herv. B. F.). Vgl. hierzu auch Gombrich (1986), S. 466 & 490.

Den Schlußpunkt dieser Entwicklung bildete um 1900 die sogenannte "ästhetische Bewegung", für die jetzt - sozusagen in Umkehr des ursprünglichen Verhältnisses von Natur und Kunst - die Natur zur "Nachahmerin" der Kunst geworden war: Das Leben sollte der Kunst folgen (und eben nicht umgekehrt die Kunst dem Leben), und ebenso galt die Natur nur mehr als 'unvollkommenes Abbild' der Kunst¹⁰⁸.

In eben diesem Sinne hat dann letztlich auch die Naturwissenschaft der Moderne das 'Prinzip der Naturnachahmung' aufgegeben. **Leibniz** hatte gefordert, die Produkte der chemischen Laboratorien sorgfältig mit den (natürlichen) Mineralien und Gesteinen zu vergleichen, um so Aufschlüsse über deren Entstehung zu erhalten. Zwischen den natürlichen und künstlichen Dingen bestehe nämlich oft eine wunderbare Ähnlichkeit ("quando mira persaepe in natis et factis similitudo apparat"), denn die Natur sei letztlich nichts anderes, als eine große Kunst ("neque enim aliud est natura, quam ars quaedam magna")¹⁰⁹. Für die Moderne dagegen war die Natur - und dies hat **O. Wilde** sehr richtig gesehen - nur mehr eine 'unvollkommene Kunst'. In diesem Sinne hatte **W. Voigt** das relativ geringe Interesse für Probleme der Kristallphysik auf die Schwierigkeit bei der Beschaffung geeigneten Beobachtungsmaterials zurückgeführt:

"In der Tat versorgt uns die Natur nicht freigebig mit zu physikalischen Beobachtungen geeigneten Kristallen: sie arbeitet bei deren Erzeugung unsauber und launisch, und die Produkte sind zum überwiegenden Teil physikalisch unbrauchbar. Die Mineralien, die sie uns in geeigneten Individuen darbietet, sind fast an den Fingern abzählbar"¹¹⁰.

Und in diesem Sinne formulierte **A. L. Day** - neben dem Grundsatz, nur solche Eigenschaften ernsthaft zu studieren, welche quantitativ gemessen werden konnten - als ein Prinzip aller Arbeiten am Geophysikalischen Laboratorium in Washington, bei den Versuchen "nur chemisch reine, im Laboratorium hergestellte oder gereinigte Mineralien" zu gebrauchen¹¹¹.

Dieser methodische Grundsatz ist zugleich Ausdruck der Tatsache, daß für die modernen Geochemiker und Mineralogen das

108. Vgl. das als Motto vorangestellte Zitat O. Wildes. Vgl. hierzu dann auch Kultermann (1987), S. 210-3.

109. Vgl. Leibniz: *Protogaea*, S. 40.

110. Voigt (1928), S. 9.

111. Vgl. A. L. Day (1911), S. 609. Day selbst hat diese Beschränkung auf die künstlichen Mineralien dann allerdings auch als Folge davon sehen wollen, daß es bisher noch nicht gelungen sei, "der Natur in ihrer Vielseitigkeit" zu folgen. Vgl. A. L. Day (1914), S. 117f.

natürliche Vorkommen der Mineralien bestenfalls noch eine untergeordnete Rolle spielte, oder anders ausgedrückt: daß die künstlichen und natürlichen Mineralien bzw. deren Unterscheidung im doppelten Wortsinn 'gleich-gültig' geworden war. Ein Beispiel für diese 'Gleich-Gültigkeit', und dieses steht nun sehr bewußt am Ende unserer Studie über *Geowissenschaft und Moderne*, gibt noch einmal **V. M. Goldschmidt**, wenn er 1919 an **Groth** schrieb:

"Zwischendurch arbeite ich an einem merkwuerdigen, wahrscheinlich neuen, schoen krystallisierten Vanadiummineral, das einer meiner Schueler in Bolivia entdeckt hat. Aber zu all solchen Sachen bleibt einem sehr wenig Zeit und schliesslich ist es ja auch ziemlich gleichgueltig, ob so eine Vanadiumverbindung in der Natur als Mineral vorkommt oder nicht"¹¹².

¹¹². V. M. Goldschmidt an Groth, 19.12.1919 (BSB-Hs: Grothiana X/V. M. Goldschmidt 51) (Herv. B. F.).

QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS

1. Handschriftliche Quellen und Archivmaterialien

Bayerische Staatsbibliothek München, Handschriftensammlung

- Friedrich Althoff an Paul von Groth (10 Briefe: 1882-1889) [Grothiana X].
- Friedrich Becke an Paul von Groth (41 Briefe: 1889-1922) [Grothiana X].
- Carl Gustav Bischof an Justus von Liebig (1 Brief: 1827) [Liebigiana II C].
- Aristide Brezina an Paul von Groth (81 Briefe: 1869-1903) [Grothiana X].
- Waldemar Christopher Brögger an Paul von Groth (80 Briefe: 1876-1926) [Grothiana X].
- Frank W. Clarke an Paul von Groth (17 Briefe: 1889-1898) [Grothiana X].
- Whitman Cross an Paul von Groth (3 Briefe: 1882, 1883) [Grothiana X].
- Edward S. Dana an Paul von Groth (90 Briefe: 1876-1921) [Grothiana X].
- Ludwig Darmstädter an Paul von Groth (2 Briefe: 1918) [Grothiana X].
- Gabriel-Auguste Daubrée an Paul von Groth (2 Briefe: 1877) [Grothiana X].
- Arthur L. Day an Paul von Groth (4 Briefe: 1914-1915) [Grothiana X].
- David Day an Paul von Groth (2 Briefe: 1894, 1904) [Grothiana X].
- Alfred L. O. Legrand Des Cloizeaux an Paul von Groth (11 Briefe, 1878-1883) [Grothiana X].
- Cornelio Doelter an Paul von Groth (19 Briefe: 1878-1914) [Grothiana X].
- Wilhelm Engelmann an Paul von Groth (190 Briefe: 1873-1890) [Grothiana X].
- Johann Nepomuk Fuchs: Cla  sification der Mineralien (hschr. Ms., 8 Bl.; datiert: 18. Januar 1837) [Fuchsiana I.3.b].
- Johann Nepomuk Fuchs:   ber den Begriff von unorg.[anischen] Species (hschr. Ms., 9 Bl.) [Fuchsiana I.3.c].
- Johann Nepomuk Fuchs: Notizen und Entwürfe zum Opal (hschr. Ms., 17 Bl.) [Fuchsiana II.1].
- Johann Nepomuk Fuchs: Einiges Nähere über den Chemismus, chemischen Gegensatz, chemische Erzeugnisse, Gemische und Gemenge (hschr. Ms., 1 Bl.) [Fuchsiana II.3.i].
- Heinrich Goldschmidt an Paul von Groth (1 Brief: 1915) [Grothiana X].
- Victor Goldschmidt an Paul von Groth (168 Briefe: 1886-1923) [Grothiana X].
- Victor Moritz Goldschmidt an Paul von Groth (63 Briefe: 1908-1926) [Grothiana X].
- Paul von Groth: Lebenserinnerungen eines Naturforschers (hschr. bzw. teilweise mschr. Manuskript) [Grothiana I/27-29].
- Paul von Groth an Otto von Bismarck (1 Briefentwurf: ca. 1875) [Grothiana IX].
- Paul von Groth an seine Mutter Marie Groth (2 Briefe: 1878) [Grothiana IX].
- Paul von Groth an Neville Story-Maskelyne (1 Brief: 1904) [Grothiana IX].
- Paul von Groth an Leonhard Sohncke (3 Briefe: 1879, 1883, 1885) [Grothiana IX].

- Paul von Groth an Josef Völk (2 Briefentwürfe: 1883) [Grothiana IX].
- Paul von Groth an Unbekannt (11 Briefe: 1881-1907) [Grothiana IX].
- Thorstein H. Hiortdahl an Paul von Groth (42 Briefe: 1879-1923) [Grothiana IX].
- Jacobus Hendricus van't Hoff an Paul von Groth (29 Briefe: 1878-1906) [Grothiana X].
- James F. Kemp an Paul von Groth (22 Briefe: 1891-22) [Grothiana X].
- Friedrich Kohlrausch an Paul von Groth (6 Briefe: 1872-1884) [Grothiana X].
- Hermann Kopp an Paul von Groth (2 Briefe: 1876) [Grothiana X].
- Victor von Lang an Paul von Groth (29 Briefe: 1871-1919) [Grothiana X].
- Max von Laue an Paul von Groth (3 Briefe: 1912-1918) [Grothiana X].
- Ernst Mallard an Paul von Groth (6 Briefe: 1877-93) [Grothiana X].
- Charles Marignac an Paul von Groth (5 Briefe: 1869-1881) [Grothiana X].
- Nevil Story Maskelyne an Paul von Groth (10 Briefe: 1876-1905) [Grothiana X].
- William Hallowes Miller an Paul von Groth (1 Brief: 1876) [Grothiana X].
- Albrecht Penck an Paul von Groth (2 Briefe: 1921) [Grothiana X].
- Johann Christian Poggendorff an Paul von Groth (10 Briefe: 1871-76) [Grothiana X].
- Carl Rammelsberg an Paul von Groth (4 Briefe: 1870-1876) [Grothiana X].
- Gerhard vom Rath an Paul von Groth (202 Briefe: 1869-1888) [Grothiana X].
- Franz Freiherr von Roggenbach an Paul von Groth (5 Briefe: 1872) [Grothiana X].
- Gustav Rose an Paul von Groth (28 Briefe: 1869-1872) [Grothiana X].
- Harry Rosenbusch an Paul von Groth (28 Briefe: 1873-1903) [Grothiana X].
- Gustav Tschermak an Paul von Groth (68 Briefe: 1874-1926) [Grothiana X].
- Alfred E. H. Tutton an Paul von Groth (83 Briefe: 1889-1913) [Grothiana X].
- Volodymyr I. Vernadskij an Paul von Groth (42 Briefe: 1887-1928) [Grothiana X].
- Johan Hermann Lie Vogt an Paul von Groth (14 Briefe: 1896-1921) [Grothiana X].
- Woldemar Voigt an Paul von Groth (20 Briefe: 1875-1918) [Grothiana X].
- Henry S. Washington an Paul von Groth (4 Briefe: 1896-98) [Grothiana X].
- Materialien, die "Zeitschrift für Krystallographie" betreffend [Grothiana V/1]
- Persönliche Dokumente [Grothiana VI].

Deutsches Museum München, Sondersammlungen

- Carl Gustav Bischof an Eilhard Mitscherlich (2 Briefe: 1827, 1841) [Hs. 420-421].
- Victor Moritz Goldschmidt an Hans Georg Grimm (31 Briefe: 1922-1947) [1978-12B/70].

- Alexander von Humboldt an Eilhard Mitscherlich (115 Briefe: 1824-59) [Hs 219-337].
- Alfred Wegener an Wladimir Köppen (81 Briefe: 1906-1918) [N 1/1-92]

The Huntington Library, Department of Manuscripts, San Marino/Calif.

- Fredrick J. Turner (1883): The Poet of the Future (Zeitungsausschnitt, gedr., 2 Bl., University Press, XIV, May 26, 1883) [Turner Collection, TU Box 54, folder 1]

Statsarkivet i Trondheim, Statens Råstofflaboratorium, Goldschmidt Saksarkiv

- Victor Moritz Goldschmidt an Paul von Groth (1 Brieffragm.: o. D.) [H 08, Blandet Korrespondanse 1909-30].
- Victor Moritz Goldschmidt an Paul von Groth (1 Briefentwurf: o. J.) [M 6, Manuskripter].
- Victor Moritz Goldschmidt an A. Trowbridge (1 Brief: 1925) [H 08, Blandet Korrespondanse 1909-30].
- Victor Moritz Goldschmidt: "Krystallbau und chemische Zusammensetzung" (mschr. Ms., Frag.; o. D.) [H 08, Blandet Korrespondanse 1909-30].
- Victor Moritz Goldschmidt: "Die Bedeutung der Geochemie in Wissenschaft und Wirtschaft" (mschr. Ms.; o. D.) [H 13, Div. 1928-45].
- Arthur L. Day an Victor Moritz Goldschmidt (1 Brief: 1915) [H 08, Blandet Korrespondanse 1909-30]
- Victor Goldschmidt an Victor Moritz Goldschmidt (1 Brief: 26.9.1911) [H 08, Blandet Korrespondanse 1909-30].
- Paul von Groth an Victor Moritz Goldschmidt (14 Briefe: 1910-1918) [H 08, Blandet Korrespondanse 1909-30].

Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz, Handschriftenabteilung

- Carl Gustav Bischof an Alexander von Humboldt (4 Briefe: 1837-1850) [Nachlaß A. von Humboldt].

Universitätsarchiv (Archiv der Ludwig-Maximilians-Universität München)

- Akte Nachfolge P. v. Groth [Mineralogie OC-N 10a]

Universitäts- und Landesbibliothek Bonn, Handschriftenabteilung

- Carl Gustav Bischof an Carl und Friedrich Mohr (2 Briefe: 1832, 1846) [S 1413 (Nachlaß Friedrich Mohr)].
- Ernst Haeckel an Friedrich Mohr (2 Briefe: 1869) [S 1413 (Nachlaß Friedrich Mohr)].

Universitätsbibliothek Freiburg, Geologenarchiv

- Victor Moritz Goldschmidt an Wilhelm Salomon-Calvi (3 Briefe: 1907, 1927) [Archivnummer 3582-4].
- Victor Moritz Goldschmidt an Hans Schneiderhöhn (43 Briefe: 1919-1937) [Archivnummern 3585-3637].

- Paul von Groth an Wilhelm Salomon-Calvi (8 Briefe: 1895-1918) [Archivnummern 18034, 3850-3856].
- Gustav Tschermak an Heinrich Leopold Fischer (3 Briefe: 1863, 1873, 1883) [Archivnummer 11357-9].

Universitätsbibliothek Oslo, Handschriftensammlung

- Paul von Groth an Waldemar Christopher Brögger (80 Briefe: 1876-1894) [Brevs. nr. 298].

Universitätsbibliothek Wien, Archiv

- Edward S. Dana an Victor von Lang (2 Briefe: 1920, 1922) [Nachlaß Victor von Lang]
- Otto Lehmann an Victor von Lang (4 Briefe: 1894, 1918) [Nachlaß Victor von Lang]
- Victor von Lang: Miszellen (Ms. I. 535)

2. Gedruckte Quellen

- Adams, F. D.; Cross, W.; Iddings, J. P.; Kemp, J. F.; Lane, A. C.; Pirsson, L. V.; Washington, H. S.; Wolff, J. E. (1904): Geophysical investigations suggested. In: Carnegie Institution of Washington, Yearbook No. 2, 1903, Washington, S. 195-201.
- Agricola, G.: De ortu et causis subterraneorum, libri V. Basel 1558.
- Agricola, G.: De natura fossilium, libri X. Basel 1558.
- Albertus Magnus: De mineralibus. In: Opera omnia. Hrsg. von A. Borgnet. Bd. V. Paris 1890. S. 1-103.
- Anonymus (1774): The modern fine gentleman. A novel, in two volumes. London [Reprint: New York/London 1974].
- Anonymus [H. Steffens] (1789): Versuch einer neuen Klassifikations-Methode der Stein- und Erdarten nach den neuesten chymischen Erfahrungen. [Höpfners] Magazin für die Naturkunde Helvetiens 4, S. 317-32.
- Anonymus (1887): Thesen zur literarischen Moderne [1887]. In: Wunberg (Hrsg.) (1971), S. 1-2. [zuerst in: Allgemeine Deutsche Universitäts Zeitung. Central-Organ für die geistigen Interessen der Studierenden und Studierten, Organ der Deutschen Akademischen Vereinigung 1, 1887, Nr. 1, S. 10.]
- Aristoteles: Opera. Bd. 1.2. Hrsg. von E. Bekker [1831]. Darmstadt 1960.
- Arzruní, A. (1893): Physikalische Chemie der Krystalle. Braunschweig.
- Bacon, F. (1620a): Novum Organum [1620]. Hrsg. von W. Krohn. 2 Teilbände. Hamburg 1990.
- Bacon, F. (1620b): Parasceve ad historiam naturalem et experimentalem. In: The works of F. Bacon. Hrsg. von J. Spedding, R. L. Ellis, D. D. Heath. Vol. 1. London 1857.
- Bacon, F. (1623): De dignitate et augmentis scientiarum. In: The works of F. Bacon. Hrsg. von J. Spedding, R. L. Ellis, D. D. Heath. Vol. 1. London 1857.
- Bacon, F. (1669): Articles of Enquiry, touching Metals & Minerals. London 1669. [Die Schrift ist gedruckt im Anhang zur 9. Aufl. von F. Bacon: Sylva Sylvarum, or Natural History, in ten centuries. London 1670. S. 221-7.]
- Bahr, H. (1893): Das junge Österreich [1893]. In: Wunberg (Hrsg.) (1981), S. 287-309. [Zuerst in: Deutsche Zeitung. Nr. 7806.]

- 20.9.1893. Morgenausg. S. 1f. Nr. 7813. 27.9.1893. Morgenausg. S. 1-3. Nr. 7823. 7.10.1893. Morgenausg. S. 1-3.]
- Bahr, H. (1897): Österreichisch [1897]. In: Wunberg (Hrsg.) (1981), S. 315-8. [Zuerst in: Die Zeit. Bd. 12 Nr. 147, 24.7.1897, S. 59f.]
- Bakhuis-Roozeboom, H. W. (1891): Über die Löslichkeit von Mischkrystallen, speziell zweier isomorpher Körper. Zeitschrift für physikalische Chemie 8 (1891), S. 504-30.
- Becke, F. (1893): Über molekulare Axenverhältnisse. Anzeiger der K. Akademie der Wissenschaften zu Wien 30 (1893), S. 204-7.
- Beckenkamp, J. (1908a): Über das "physikalische Molekül" der verschiedenen Krystallsysteme und deren Anomalien. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 44, S. 576-600.
- Beckenkamp, J. (1908b): Über das "physikalische Molekül" der verschiedenen Krystallsysteme (2. Mitteilung). Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 45, S. 225-54.
- Beckenkamp, J. (1910): Über das "physikalische Molekül" der verschiedenen Krystallsysteme (3. Mitteilung). Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 47, S. 35-48.
- Behrend, F.; Berg, G. (1927): Chemische Geologie. Stuttgart.
- Bergman, T. (1784): Meditationes de systemate fossilium naturalium. In: Opuscula physica et chemica. Vol. 4. Leipzig 1787. S. 180-278. [Zuerst in: Nova Acta Regia Societatis Scientiarum Upsaliensis 4, (1784), S. 63-128.]
- Berlinger, K. (1929): Über eine Fiktion in der Geologie. Die Naturwissenschaften 17, S. 545-6.
- Bernhardi, J. J. (1809): Gedanken über Krystallogenie und Anordnung der Mineralien, nebst einigen Beilagen über die Krystallisation verschiedener Substanzen. Journal für die Physik, Chemie und Mineralogie 8, S. 360-423.
- Beroldingen, F. von (1778): Beobachtungen, Zweifel und Fragen die Mineralogie und insbesondere ein natürliches Mineralsystem betreffend. Hannover.
- Bertalanffy, L. von (1932): Vaihingers Lehre von der analogischen Fiktion in ihrer Bedeutung für die Naturphilosophie. In: Die Philosophie des Als Ob und das Leben. Festschrift zu Hans Vaihingers 80. Geburtstag. Hrsg. von A. Seidel. Berlin [Neudr.: Aalen 1986]. S. 82-91.
- Beudant, F. S. (1820): Lettre de M. Beudant à M. Gay-Lussac sur le mémoire de M. Mitscherlich. Annales de Chimie 14, S. 326-335.
- Bischof, C. G. (1837): Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers, ein Inbegriff aller mit der Wärme in Beziehung stehender Erscheinungen in und auf der Erde. Nach physikalischen, chemischen und geologischen Untersuchungen. Leipzig.
- Bischof, C. G. (1843): Versuche, die Kontraktion zu bestimmen, welche geschmolzene Massen erleiden, wenn sie in den festen Zustand übergehen und krystallinische Gesteine bilden. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde (1843), S. 1-54.
- Bischof, C. G. (1847/1851/1855/1855): Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2 Bde. [Bd. II in 3 Abt.] Bonn.
- Bischof, C. G. (1863/1864/1866/1871): Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Auflage. 3 Bdn. & 1 Suppl.-Bd. Bonn.
- Blum, J. R. (1847): Pseudomorphosen des Mineralreichs (Nachtrag). Stuttgart.
- Bölsche, W. (1887): Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Poesie. Prolegomena einer realistischen Aesthetik [Leipzig 1887]. Hrsg. von J. J. Braakenburg. München/Tübingen 1976.

- Breithaupt, A. (1826): Bemerkungen über das Geschlecht des Feldspath-Grammit's und Beschreibung des Oligoklas, einer neuen Spezies desselben. Annalen der Physik und Chemie 8, S. 79-94.
- Breithaupt, A. (1849): Die Paragenesis der Mineralien. Mineralogisch, geognostisch und chemisch beleuchtet mit besonderer Rücksicht auf Bergbau. Freiberg.
- Brögger, W. C. (1882): Die silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet und auf Eker, ihre Gliederung, Fossilien, Schichtenstörungen und Contactmetamorphosen. Kristiania.
- Brögger, W. C. (1883): Brief an H. Rosenbusch, 4.7.1883. Im Auszug abgedruckt in: Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 10 (1885), S. 500-2.
- Brögger, W. C. (1890a): Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Mit zahlreichen chemisch-analytischen Beiträgen von P. T. Cleve. (= Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie, 16) Leipzig.
- Brögger, W. C. (1890b): Ueber die morphotropischen Beziehungen des Pinakiolith und des Trimerit zu verwandten Mineralien. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 18, S. 377-85.
- Brögger, W. C.; Rath, G. vom (1877): Ueber grosse Enstatit-Krystalle. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 1, S. 18-30.
- Buch, L. von (1806): Ueber das Fortschreiten der Bildungen in der Natur. Antrittsrede in der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, gehalten am 17. April 1806. In: Buch, L. von: Gesammelte Schriften. Bd. 2. Hrsg. von J. Ewald, R. Roth und H. Eck. Berlin 1870, S. 2-12. [Zuerst in: Ephemeriden der Berg- und Hüttenkunde 4 (1808), S. 1-16.]
- Buff, H.; Kopp, H.; Zammer, F. (1857): Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie. Braunschweig.
- Bunsen, R. (1848): Bemerkungen zu einigen Einwürfen gegen mehrere Ansichten über die chemisch-geologischen Erscheinungen in Island. Annalen der Chemie und Pharmacie 65, S. 70-85.
- Bunsen, R. (1850): Über den Einfluß des Drucks auf die chemische Natur der plutonischen Gesteine; aus einem Schreiben an G. Rose. Annalen der Physik und Chemie 81, S. 562-7.
- Bunsen, R. (1861): Über die Bildung des Granits. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 13, S. 61-3.
- Clarke, F. W. (1924): The data of geochemistry. 5. Auflage. New York. [1. Auflage: New York 1908.]
- Clarke, F. W.; Schneider, E. A. (1890): Experimentaluntersuchungen über die Constitution der natürlichen Silicate. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 18, S. 390-418.
- Clarke, F. W.; Schneider, E. A. (1891): Über die Constitution einiger Glimmer, Vermiculite und Chlorite. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 18, S. 465-77.
- Cotta, B. von (1866a): Über G. Bischof's Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie (1866), S. 537-57.
- Cotta, B. von (1866b): Geologie der Gegenwart. Bd. I. Leipzig.
- Dana, J. D. (1837): A System of Mineralogy. New Haven.
- Dana, J. D. (1867a): Crystallogenic and crystallographic contributions. No. IV. On a connection between crystalline form and chemical constitution, with some inferences therefrom. American Journal of Science and Arts, 2nd series, 44, S. 89-95 & 252-63.
- Dana, J. D. (1867b): Crystallogenic and crystallographic contributions. No. IV. On the feldspar group of minerals. American Journal of Science and Arts, 2nd series, 44, S. 398-409.

- Dana, J. D. (1867c): On mineralogical nomenclature. No. I. On system in mineralogical nomenclature. American Journal of Science and Arts, 2nd series, 44, S. 145-51.
- Day, A. L. (1911): Die Untersuchung von Silikaten. Zeitschrift für Elektrochemie 17, S. 609-17.
- Day, A. L. (1914): Das Studium der Mineralschmelzpunkte. Übers. von A. Ritzel. Fortschritte der Mineralogie 4, S. 115-60.
- Day, A. L.; Allen, E. T. (1905): Der Isomorphismus und die thermischen Eigenschaften der Feldspäte. Zeitschrift für physikalische Chemie 54, S. 1-54.
- Delafosse, G. (1848): Mémoire sur une relation qui se manifeste, en certains cas, entre la composition atomique et la forme cristalline. Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences 26, S. 90-4.
- Delafosse, G. (1852): Mémoire sur une relation qui se manifeste, en certains cas, entre la composition atomique et la forme cristalline, et sur une nouvelle appréciation du rôle que joue la silice dans les combinaisons minérales. Mémoires des Savants Étranger 13, S. 542-79.
- Descartes, R.: Principia philosophiae [1644]. In: Oeuvres de Descartes. Hrsg. von C. Adam und P. Tannery. Vol. VIII. Paris 1905.
- Descartes, R.: Le monde ou traité de la lumière [1664]. In: Oeuvres de Descartes. Hrsg. von C. Adam und P. Tannery. Vol. XI. Paris 1909.
- Doelter, C. (1880): Über die chemische Zusammensetzung des Arfvedsonits und verwandter Mineralien. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 4 (1880), S. 34-41.
- Doelter, C. (1881): Krystallographisch-chemische Studien am Vesuvian. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 5 (1881), S. 289-94.
- Doelter, C. (1890): Allgemeine chemische Mineralogie. Leipzig.
- Doelter, C. (1904): Die Silikatschmelzen (Erste & zweite Mitteilung). Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw. Klasse 108, 1. Abt., H. 4, Wien. S. 177-249 & 495-511.
- Doelter, C. (1905): Physikalisch-chemische Mineralogie. (Handbuch der angewandten physikalischen Chemie, Bd. II) Leipzig.
- Doelter, C. (1906): Petrogenesis. (Die Wissenschaft. Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien, H. 13). Braunschweig.
- Doelter, C. (1912-31): Handbuch der Mineralchemie. 4 Bde. Dresden/Leipzig.
- Engels, F. (1873-83): Dialektik der Natur [geschrieben 1873 bis 1883, einzelne Ergänzungen 1885/86]. In: Karl Marx/Friedrich Engels: Werke. Bd. 20. Berlin 1975. S. 305-568.
- Fechner, G. T. (1855): Über die physikalische und philosophische Atomenlehre. Leipzig.
- Fedorov, E. S. (1890): Simmetrija pravilnich sistem figur. St. Petersburg.
- Fedorov, E. S. (1892): Zusammenfassung der krystallographischen Resultate des Herrn Schoenflies und der meinigen. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 20, S. 25-75.
- Fedorov, E. S. (1899): Ueber Isomorphismus. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 30, S. 17-22.
- Fergus, T. H. (1848): Mica originating from Hornblende. The American Journal of Science and Arts 6, second series, S. 425-6.
- Fock, A. (1888): Einleitung in die chemische Krystallographie. Leipzig.
- Forbes, D. (1868a): On some points in chemical geology. Geological Magazine 5, S. 93-8.

- Forbes, D. (1868b): On Dr. Sterry Hunt's geological chemistry. Geological Magazine 5, S. 105-11.
- Friedrich, W. (1913): Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen und die Raumgitter der Krystalle. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 52, S. 58-62.
- Fuchs, J. N. (1833): Über den Opal und den Zustand der Gestaltlosigkeit (Amorphismus) fester Körper. In: GS, S. 148-55. [Zuerst in: Jahrbuch der Chemie und Physik 7 (1833), S. 418-34.]
- Fuchs, J. N. (1834): Zum Amorphismus fester Körper. In: GS, S. 162-4. [Zuerst in: Annalen der Physik und Chemie 31 (1834), S. 577-83.]
- Fuchs, J. N. (1836): Bemerkungen über den Isomerismus und Amorphismus. In: GS, S. 170-4. [Zuerst in: Journal für praktische Chemie 7 (1836), S. 345-53.]
- Fuchs, J. N. (1837): Über die Theorien der Erde [1837]. In: Ders., Über die Theorien der Erde. München 1844. S. 1-35.
- Fuchs, J. N. (1848): Über den Begriff der Mineral-Species. In: GS, S. 248-54. [Zuerst in: Journal für praktische Chemie 45 (1848), S. 1-13.]
- Gaudin, M. A. (1833): Recherches sur la structure intime des corps inorganiques definis. Annales de Chimie 53, S. 113-33.
- Gaudin, M. A. (1873): L'architecture du monde des atomes. Paris.
- Gibbs, J. W. (1875-78): On the equilibrium of heterogeneous Substances. In: The scientific papers of J. W. Gibbs. Vol. 1. London/New York 1906. S. 55-353. [Zuerst in: Transactions of the Connecticut Academy of Sciences 3, 1875-78].
- Gmelin, C. G. (1829): Krystallogenie. In: [Johann Samuel Traugott Gehler's] Physikalisches Wörterbuch. Neu bearb. von H. W. Brandes, C. G. Gmelin, J. K. Horner, G. W. Muncke, C. H. Pfaff. Bd. V/1. Leipzig 1829. S. 1340-60.
- Goldschmidt, V. M. (1908): Radioaktivität als Hilfsmittel bei mineralogischen Untersuchungen. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 44, S. 545-60.
- Goldschmidt, V. M. (1911a): Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet. (= Skrifter utgit av Videnskapsselskapets i Kristiania. I. Matematisk-Naturvidenskabelig Klasse. Bd. 1.) Kristiania.
- Goldschmidt, V. M. (1911b): Anwendung der Phasenregel auf Silikatgesteine. Zeitschrift für Elektrochemie 17, 686-9.
- Goldschmidt, V. M. (1911c): Die Gesetze der Mineralassoziation vom Standpunkt der Phasenregel. Zeitschrift für anorganische Chemie 71, 313-22.
- Goldschmidt, V. M. (1912): Über die Winkeländerung der Krystalle bei tiefen Temperaturen. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 51, S. 1-27.
- Goldschmidt, V. M. (1922a): Der Stoffwechsel der Erde. Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania 1922. I. Matematisk-Naturvidenskabelig Klasse, Nr. 11. Kristiania 1923. pp. 25.
- Goldschmidt, V. M. (1922b): Stammestypen der Eruptivgesteine. Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania 1922. I. Matematisk-Naturvidenskabelig Klasse, Nr. 10. Kristiania 1923. pp. 12.
- Goldschmidt, V. M. (1923): Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania 1923. I. Matematisk-Naturvidenskabelig Klasse, Nr. 3. Kristiania 1924. pp. 17.
- Goldschmidt, V. M. (1926a): Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. VII. Die Gesetze der Krystallochemie. Skrifter utgit av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I. Matematisk-Naturvidenskabelig Klasse, 1926, Nr. 2. Oslo 1926. pp. 117.
- Goldschmidt, V. M. (1926b): Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. VIII. Untersuchungen über Bau und Eigenschaften von

- Krystallen. Skrifter utgit av Det Norske Videnskaps-Akademie i Oslo. I. Matem.-Naturvid. Klasse, 1926, Nr. 8. Oslo 1927. pp. 156.
- Goldschmidt, V. M. (1927): Krystallbau und chemische Zusammensetzung. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 60, S. 1263-96.
- Goldschmidt, V. M. (1934): Drei Vorträge über Geochemie. Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar 56, S. 385-427.
- Goldschmidt, V. (1886/1890/1891): Index der Krystallformen der Mineralien. 3 Bde. Berlin.
- Goldschmidt, V. (1887): Ueber Projection und graphische Krystallberechnung. Berlin.
- Goldschmidt, V. (1889): Chemisch-mineralogische Betrachtungen. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 17, S. 25-66.
- Goldschmidt, V. (1893): Goniometer mit zwei Kreisen. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 21, S. 210-32.
- Goldschmidt, V. (1896): Ueber krumme Flächen (Uebergangsflächen). Mit Beobachtungen am Phosgenit. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 26, S. 1-15
- Goldschmidt, V. (1897a): Krystallographische Winkeltabellen. Berlin.
- Goldschmidt, V. (1897b): Über Entwicklung der Krystallformen. 2 Theile. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 28, S. 1-35 & 414-51.
- Goldschmidt, V. (1899): Ueber Krystallsysteme, deren Definition und Erkennung. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 31, S. 135-59.
- Goldschmidt, V. (1900): Ueber Abtheilungen der Krystallsysteme. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 32, S. 49-65.
- Goldschmidt, V. (1901): Über Harmonie und Complication. Berlin.
- Goldschmidt, V. (1903): Über Ätzfiguren, deren Entstehung und Eigenart. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 38, S. 273-8.
- Goldschmidt, V. (1904): Zur Mechanik des Lösungsprozesses. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 38, S. 656-73.
- Goldschmidt, V. (1905a): Formensystem aus Accessorien, abgeleitet am Topas. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 40, S. 377-84.
- Goldschmidt, V. (1905b): Flächen oder Zonen als Ausgangspunkt der Formenentwicklung. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 40, S. 385-91.
- Goldschmidt, V. (1905c): Aus dem krystallographisch-chemischen Grenzgebiet. Annalen der Naturphilosophie 4, S. 102-15.
- Goldschmidt, V. (1910): Ueber das Wesen der Krystalle. 2 Teile. Annalen der Naturphilosophie 9, S. 120-39 & 368-419.
- Goldschmidt, V. (1913): Über Krystallographie und Mineralogie. Beiträge zur Krystallographie und Mineralogie 1 (1914-18), S. 1-9.
- Goldschmidt, V. (1913-23): Atlas der Krystallformen. 9 Bde. Heidelberg.
- Goldschmidt, V. (1923): Philosophie und Naturphilosophie. Materialien zur Naturphilosophie I. (Heidelberger Akten der von-Portheim-Stiftung, 4) Heidelberg.
- Goldschmidt, V. (1925): Atomgewicht und Atombau. Raum und Raumsinn. Blutumlauf durch Contact-Promotion und Pulsieren. Materialien zur Naturphilosophie IV. (Heidelberger Akten der von-Portheim-Stiftung, 12) Heidelberg.
- Goßner, B. (1904): Kaliumsulfat, Natriumsulfat, Glaserit. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 39, S. 155-69.
- Grailich, J. (1856): Lehrbuch der Krystallographie von Prof. W. H. Miller. Übersetzt und erweitert durch Dr. J. Grailich. Wien.

- Graßmann, J. G. (1829): Zur physischen Kristallonomie und geometrischen Kombinationslehre. Stettin.
- Groth, P. von (1866): Über den Titanit im Syenit des Plauenschen Grundes. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie (1866), S. 44-51.
- Groth, P. von (1868a): Beiträge zur Kenntniss der überchlorsauren und übermangansauren Salze. Inaugural-Dissertation an der Berliner Universität. Berlin.
- Groth, P. von (1868b): Kristallographisch-optische Untersuchungen (an 12 Substanzen). Annalen der Physik und Chemie 135, S. 647-67.
- Groth, P. von (1869): Über Krystallform und Circularpolarisation und über den Zusammenhang beider beim Quarz und überjodsaurem Natrium. Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Aus dem Jahr 1869 [Berlin 1870], S. 140-8.
- Groth, P. von (1870a): Ueber Beziehungen zwischen Krystallform und chemischer Constitution bei einigen organischen Verbindungen. Annalen der Physik und Chemie 141, S. 31-43.
- Groth, P. von (1870b): Beschreibung der Apparate zu kristallographisch-optischen Untersuchungen, welche nach den Angaben von Dr. P. Groth angefertigt wurden von R. Fuess. Annalen der Physik und Chemie 144, S. 34-55.
- Groth, P. von (1871): Über den Zusammenhang zwischen der Krystallform und der chemischen Constitution. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie (1871), S. 225-43.
- Groth, P. von (1874a): Tabellarische Übersicht der einfachen Mineralien nach ihren kristallographisch-chemischen Beziehungen geordnet. Braunschweig [2. Aufl.: 1882; 3. Aufl.: 1889; 4. Aufl.: 1898].
- Groth, P. von (1874b): Über die Bezeichnung der hexagonalen Kristallformen. [Tscherma's] Mineralogische Mittheilungen (1874), S. 223-6.
- Groth, P. von (1875): Über das Studium der Mineralogie auf den Deutschen Hochschulen. Straßburg/London.
- Groth, P. von (1876): Physikalische Kristallographie und Einleitung in die kristallographische Kenntniss der wichtigeren Substanzen. Leipzig [1. Aufl.: 1885; 3. Aufl. 1895; 4. Aufl.: 1905].
- Groth, P. von (1877a): Das Gneißgebiet von Markirch im Ober-Elsaß. Abhandlungen zur geologischen Spezial-Karte von Elsaß-Lothringen, Bd. I, H. 3. Straßburg.
- Groth, P. von (1877b): Ein Beitrag zur Kenntniss des Quarzes. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 1, S. 297-301.
- Groth, P. von (1877c): Rezension zu 'E. Mallard, Explication des phénomènes optiques anomaux, ...' Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 1 (1877), S. 309-20.
- Groth, P. von (1878): Die Mineraliensammlung der Kaiser-Wilhelms-Universität Straßburg. Straßburg.
- Groth, P. von (1880): Ueber die Krystallformen einiger Platojodonitrite. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 4, S. 492-503.
- Groth, P. von (1883): Beiträge zur Kenntniss der natürlichen Fluorverbindungen. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 7, S. 375-88 & 457-93.
- Groth, P. von (1888): Ueber die Molekularbeschaffenheit der Krystalle. Festrede gehalten in der öffentlichen Sitzung der k. b. Akademie der Wissenschaften zu München zur Feier des einhundert und neunundzwanzigsten Stiftungstages am 28. März 1888. München 1888.
- Groth, P. von (1891): Führer durch die Mineraliensammlung des Bayerischen Staates im Gebäude der Kgl. Akademie der Wissenschaften (Wilhelminum) in München. München.

- Groth, P. von (1904): Einleitung in die Chemische Krystallographie. Leipzig.
- Groth, P. von (1906/1908/1910/1917/1919): Chemische Kristallographie. 5 Bde. [Bd. I: Elemente - Anorganische Verbindungen ohne Salzcharakter - Einfache und komplexe Halogenide, Cyanide und Azide der Metalle, nebst den zugehörigen Alkylverbindungen. Bd. II: Die anorganischen Oxo- und Sulfosalze. Bd. III: Aliphatische und hydroaromatische Kohlenstoffverbindungen. Bd. IV: Aromatische Kohlenstoffverbindungen mit einem Benzolringe. Bd. V: Aromatische Kohlenstoffverbindungen mit mehreren Benzolringen - Heterocyclische Verbindungen.] Leipzig.
- Groth, P. von (1913): Nachschrift der Redaction [zu W. Friedrich, 1913]. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 52, S. 63f.
- Groth, P. von (1915a): Über die theoretische und experimentelle Erforschung der Kristallstruktur. Zeitschrift für Kristallographie 54, S. 65-73.
- Groth, P. von (1915b): Zur Kenntnis der Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und Kristallstruktur. Zeitschrift für Kristallographie 54, S. 498-504.
- Groth, P. von (1919): Über den kristallisierten und amorphen Zustand organischer Verbindungen und über die sogenannten flüssigen Kristalle. Die Naturwissenschaften 7, S. 648-52.
- Groth, P. von (1921a): Elemente der physikalischen und chemischen Krystallographie. München und Berlin.
- Groth, P. von (1921b): Krystallographische Methoden. In: Weyl, T.; Houben, J. (Hrsg.): Die Methoden der organischen Chemie. 2. Aufl. Bd. 1. S. 677-700. Leipzig.
- Groth, P. von (1926): Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften. Berlin.
- Groth, P. von (1928): Vorgeschichte, Gründung und Entwicklung der Zeitschrift für Kristallographie in den ersten fünfzig Jahren. Zeitschrift für Kristallographie, Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie 66, S. 1-21.
- Groth, P. von; Mieleitner, K. (1921): Mineralogische Tabellen. München/Berlin.
- Gümbel, C. W. (1875): Artikel "C. G. Bischof". In: Allgemeine deutsche Biographie II. Leipzig. S. 665-9.
- Guthrie, F. (1884): On Eutexia. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 5th series, 17, S. 462-82.
- Haeckel, E. (1878): Zellseelen und Seelenzellen. Vortrag, gehalten am 22. März 1878 in der "Concordia" zu Wien. Leipzig 1909.
- Haeckel, E. (1917): Kristallseelen. Studien über das anorganische Leben. Leipzig.
- Harms, F. (1868): Abhandlungen zur systematischen Philosophie. Berlin.
- Harms, F. (1895): Naturphilosophie. Aus dem handschriftlichen Nachlaß hrsg. von H. Wiese. Leipzig.
- Hart, H. [1890]: Die Moderne. In: Wunberg, G. (Hrsg.) (1971), S. 69-72. [zuerst in: Der Kunstwart. Rundschau über alle Gebiete des Schönen 4, H. 5, 1890/91, S. 148-9].
- Hauer, K. R. von (1866): Ueber Löslichkeitsverhältnisse isomorpher Salze und ihrer Gemische. Journal für praktische Chemie 98, S. 137-51.
- [Hauptregister] (1913/1915/1931): Hauptregister zu Band 1 bis 50 (55) der Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie. Bearb. und hrsg. von Erich Kaiser. 3 Teile. [Teil I: Autorenregister. Teil II: Sachregister. Teil III: Ortsregister.] Leipzig.

- Haüy, R.-J. (1801): Traité de minéralogie. 4 Bde. + Atlas. Paris.
- Haushofer, K. (1874): Die Constitution der natürlichen Silicate auf Grundlage ihrer geologischen Beziehungen nach den neueren Ansichten der Chemie. Braunschweig.
- Hegel, G. W. F. (1812): Wissenschaft der Logik. 1. Teil: Die objektive Logik [1812]. Sämtliche Werke. Neu hrsg. von H. Glockner. Bd. 4. Stuttgart 1928.
- Hegel, G. W. F.: Die Naturphilosophie. (System der Philosophie. Teil 2). Sämtliche Werke. Bd. 9. Neu hrsg. von H. Glockner. 3. Auflage. Stuttgart 1958.
- Hessel, J. F. Ch. (1826): Chemischer Bestand der Glieder der Feldspatfamilie. Taschenbuch für die gesamte Mineralogie 1 (1826), S. 289-333.
- Hessel, J. F. Ch. (1829): Krystall (Krystallometrie; Gestalten der Krystalle; Krystallbeschreibung; Geschichtliches). In: [Johann Samuel Traugott Gehler's] Physikalisches Wörterbuch. Neu bearb. von H. W. Brandes, C. G. Gmelin, J. K. Horner, G. W. Muncke, C. H. Pfaff. Bd. V/1. Leipzig 1829. S. 1023-340.
- Hessel, J. F. Ch. (1831): Krystallometrie, oder Krystallonomie und Krystallographie auf eigenthümliche Weise und mit Zugrundelegung neuer allgemeiner Lehren der reinen Gestaltenkunde, etc. (1830). 2 Bde. Leipzig. (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften 88/89) Leipzig 1897.
- Hinrichs, G. D. (1894): The elements of atom-mechanics. Vol. I: The true atomic weights of the chemical elements and the unity of matter. St. Louis/Mo.
- Hintze, C. (1874): Krystallographische Untersuchungen über Naphtalinderivate. Annalen der Physik und Chemie, Erg.-Bd. 6, S. 177-98.
- Hintze, C. (1884): Ist ein wesentlicher Unterschied anzunehmen zwischen anorganischen und organischen Verbindungen rücksichtlich der Beziehungen zwischen Krystallform und chemischer Constitution? Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der Preußischen Rheinlande [Bonn] 41, S. 261-277.
- Hintze, C. (1897-1971): Handbuch der Mineralogie. 2 Bde. [Bd. 1 in 4 Abt.], 3 Erg.-Bde., Registerbd. Leipzig u. a.
- Hiortdahl, Th. (1865): Ueber die Krystallform homologer Körper. Journal für praktische Chemie 94, S. 286-96.
- Hiortdahl, Th. (1882): Krystallographisch-chemische Untersuchungen. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 6, S. 456-92.
- Hiortdahl, Th. (1887): Krystallform der Erdalkali-Molybdate. Die morphotropen Reihen des Scheelit. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 12, S. 411-8.
- Hobbes, T.: Elements of philosophy. The first section, concerning body [1655]. In: The English Works of T. Hobbes. Coll. & ed. by W. Molesworth. Vol 1. London 1839 [Reprint: Aalen 1962.]
- Hoff, J. H. van't (1874): Voorstel tot Uitbreiding der tegenwoordig in de Scheikunde gebruikte Structuur-Formules in de Ruimte. Utrecht.
- Hoff, J. H. van't (1877): Die Lagerung der Atome im Raume. Dt. bearb. von F. Herrmann, nebst einem Vorw. von J. Wislicenus. Braunschweig.
- Hoff, J. H. van't (1878): Die Phantasie in der Wissenschaft [1878]. Sep.-Druck Weinheim 1961. [Zuerst in niederl. Sprache, Rotterdam 1878; dt. Übers. hier nach E. Cohen, 1912.]
- Hoff, J. H. van't (1884): Studien zur chemischen Dynamik (Études de dynamique chimique) [1884]. Mit einer Einf. von L. Dunsch. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, 265) Leipzig 1985.
- Hoff, J. H. van't (1886): Die Gesetze des chemischen Gleichgewichtes für den verdünnten, gasförmigen oder gelösten

- Zustand. (= Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 110). [Original in: Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bandet 21. Nr. 17. Stockholm 1886]. Übers. und hrsg. von G. Bredig. Leipzig 1915.
- Hoff, J. H. van't (1897): Vorlesungen über Bildung und Spaltung von Doppelsalzen. Deutsch bearbeitet von Dr. Theodor Paul. Leipzig. [Vorlesungen aus den Jahren 1894/95 in Amsterdam und 1896 in Berlin.]
- Hoff, J. H. van't (1902): Acht Vorträge über physikalische Chemie, gehalten auf Einladung der Universität Chicago, 20.-24. Juni 1901. Braunschweig.
- Hoff, J. H. van't (1905/1909): Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen. 2 Hefte. Braunschweig.
- Hoff, J. H. van't; Goldschmidt, H. J. (1895): Das Racemat von Wyruboff. Zeitschrift für physikalische Chemie 17, S. 505-12.
- Hoff, J. H. van't; Meyerhoffer, W.; u. a. (1897-1908): Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der oceanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagers. Berlin. (= Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse) Berlin.
- Humboldt, A. von (1845-1862): Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 5 Bde. Stuttgart/Tübingen.
- Hunt, T. S. (1848-61): Theory of types in chemistry [1848-61]. In: Hunt, T. S. (1875), S. 459-69. [Es handelt sich um eine Zusammenstellung von Auszügen verschiedener Zeitschriftenbeiträge aus den Jahren 1848-61.]
- Hunt, T. S. (1853a): Theory of chemical changes and equivalent volumes [1853]. In: Hunt, T. S. (1875), S. 426-37. [Zuerst u. d. T. "Considerations on the theory of chemical changes" in: American Journal of Science 15 (1853), S. 226-34.]
- Hunt, T. S. (1853b): The constitution and equivalent volume of mineral species [1853-63]. In: Hunt, T. S. (1875), S. 438-47. [Es handelt sich um eine Zusammenstellung von Auszügen verschiedener Zeitschriftenbeiträge aus den Jahren 1853-63.]
- Hunt, T. S. (1853c): Ueber chemische Zersetzung, über die Constitution und das Atomvolum einiger Minerale. Chemisch-Pharmaceutisches Centralblatt 24 (1853), S. 833-39 & 849-58.
- Hunt, T. S. (1854): Thoughts on solution and the chemical process. In: Hunt, T. S. (1875), S. 448-52. [Zuerst in: American Journal of Science 19 (1854), S. 100-3.]
- Hunt, T. S. (1863): The chemistry of metamorphic rocks. In: Hunt, T. S. (1875), S. 18-34. [Zuerst u. d. Titel "On the chemical and mineralogical relations of metamorphic rocks" in: Canadian Naturalist 10 (1863), S. 195-208.]
- Hunt, T. S. (1867a): The chemistry of the primeval earth [1867]. Appendix: On the climate of the earth in former geological Periods [1863]. In: Hunt, T. S. (1875), S. 35-48. [Zuerst separat in: Proceedings of the Royal Institution of Great Britain, 1867; noch einmal in: Chemical News 3, new series (1868), S. 225-34.]
- Hunt, T. S. (1867b): On the objects and method of mineralogy. In: Hunt, T. S. (1875), S. 453-8. [Zuerst in: American Journal of Science 43 (1867), S. 203-7.]
- Hunt, T. S. (1868): A notice of the chemical geology of Mr. D. Forbes. Geological Magazine 5, S. 49-59.
- Hunt, T. S. (1875): Chemical and geological essays. Boston/London.
- Hunt, T. S. (1884): A classification of the natural sciences. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 5th series, 17, S. 74-5.
- Hunt, T. S. (1891): Systematic mineralogy based on a natural classification. With a general introduction. New York.

- Kandinsky, W. (1912a): Über das Geistige in der Kunst. 4. Aufl., mit einer Einführung von Max Brill. Berlin-Bümlitz 1952 [1. Aufl. 1912].
- Kandinsky, W. (1912b): Über die Formfrage. In: Kandinsky, W.; Marc, F. (Hrsg.): Der Blaue Reiter [1912]. Dokumentarische Neuausgabe von Klaus Lankheit. 3. Aufl. München 1979. S. 132-82.
- Kant, I. (1781/1787): Kritik der reinen Vernunft [1781/1787]. In: Kant, Werke. Bd. 3 und 4. Hrsg. von W. Weischedel. Darmstadt 1983.
- Kant, I. (1786): Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft [1786]. Werke. Bd. 8. Hrsg. von W. Weischedel. Darmstadt 1957.
- Kant, I. (1790): Kritik der Urteilkraft [1790]. Werke. Bd. 8. Hrsg. von W. Weischedel. Darmstadt 1957.
- Karsten, C. J. B. (1843): Philosophie der Chemie. Berlin.
- Kobell, F. von (1874): Zur Frage über die Einführung der modernen chemischen Formeln in die Mineralogie. Annalen der Physik und Chemie, Erg.-Bd. 6, S. 318-25.
- Kolbe, H. (1860): Ueber den natürlichen Zusammenhang der organischen mit den unorganischen Verbindungen, die wissenschaftliche Grundlage zu einer naturgemäßen Classification der organischen chemischen Körper. Annalen der Chemie und Pharmacie 113, S. 293-332.
- Kopp, H. (1841a): Ueber die Volumtheorie. Annalen der Physik und Chemie 52, S. 243-61.
- Kopp, H. (1841b): Ueber Isomorphismus analoger Verbindungen ohne Isomorphismus der entsprechenden Bestandtheile. Annalen der Physik und Chemie 53, S. 446-59.
- Kopp, H. (1844): Ueber den Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution und einigen physikalischen Eigenschaften bei flüssigen Verbindungen. Annalen der Chemie und Pharmacie 50, S. 71-144.
- Kopp, H. (1849): Einleitung in die Krystallographie und in die krystallographische Kenntniß der wichtigeren Substanzen. Braunschweig.
- Kopp, H. (1854): Ueber die specifischen Volume flüssiger Verbindungen. Annalen der Chemie und Pharmacie 92, S. 1-32.
- Kopp, H. (1855): Beiträge zur Stöchiometrie der physikalischen Eigenschaften chemischer Verbindungen. Annalen der Chemie und Pharmacie 96, S. 1-36, 153-85 & 303-35.
- Kraus, E. H.; Mez, G. (1901): Über topische Axenverhältnisse. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 34, S. 389-96.
- Lang, V. von (1866): Lehrbuch der Krystallographie. Wien.
- Laurent, A. (1842): Nouvelles recherches sur les rapports qui existent entre la constitution des corps et leurs formes cristallines, sur l'isoméromorphisme et sur l'hémisomorphisme. Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences 15, S. 350-2.
- Laurent, A. (1845): Sur l'isomorphisme et sur les types cristallins. Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences 20, S. 358-66.
- Laurent, A. (1848): Sur l'isomorphisme des oxydes RO et R₂O₃, et sur l'hémimorphisme. Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences 27, S. 134-8.
- Le Bel, J. A. (1874): Relation entre la constitution chimiques et le pouvoir rotatoire. Bulletin de la Société Chimique 22, S. 337-48.
- Lehmann, O. (1877): Über physikalische Isomerie. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 1, S. 97-131.
- Lehmann, O. (1888/1889): Molekularphysik, mit besonderer Berücksichtigung mikroskopischer Untersuchung und Anleitung zu solchen. 2 Bde. Leipzig.

- Lehmann, O. (1890): Ueber die Definition des Begriffes "Krystall". Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 18, S. 457-63.
- Lehmann, O. (1901): Physik und Politik. Festrede bei dem Feierlichen Akte des Rektoratswechsels an der Grossh. Technischen Hochschule zu Karlsruhe am 27. Oktober 1900. Karlsruhe.
- Lehmann, O. (1906): Flüssige Kristalle und die Theorien des Lebens. Leipzig.
- Lehmann, O. (1907): Die scheinbar lebenden Kristalle. Esslingen/München.
- Lehmann, O. (1908): Flüssige Kristalle, ihre Entdeckung, Bedeutung und Ähnlichkeit mit Lebewesen. Frankfurt/M. [Zuerst in: Jahresbericht des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. für das Jahr 1906/07 (Frankfurt 1908), S. 68-100.]
- Lehmann, O. (1910): Das Kristallisationsmikroskop und die damit gemachten Entdeckungen, insbesondere die der flüssigen Kristalle. (Festschrift zur Feier des dreiundfünfzigsten Geburtstages Sr. Königlichen Hoheit des Grossherzogs Friedrich II. von Baden). Braunschweig.
- Lehmann, O. (1921): Flüssige Kristalle und ihr scheinbares Leben. Forschungsergebnisse dargestellt in einem Kinofilm. Leipzig.
- Leibniz, G. W. (1695): Specimen dynamicum pro admirandis naturae legibus circa corporum vires et mutuas actiones detegendis et ad suas causas revocandis [1695]. In: G. W. Leibniz: Mathematische Schriften. Hrsg. von C. I. Gerhardt. Vol. 6. Hildesheim 1962. S. 234-46.
- Leibniz, G. W. (1749): Protogaea. Übers. von W. von Engelhardt. Stuttgart 1949.
- Leonhard, K. C. von (1832): Die Basalt-Gebilde in ihren Beziehungen zu normalen und abnormen Felsmassen. Stuttgart.
- Liebig, J. von (1840a): Ueber das Studium der Naturwissenschaften und über den Zustand der Chemie in Preußen. Braunschweig.
- Liebig, J. von (1840b): Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig.
- Liebig, J. von (1842): Der Lebensprozeß im Thiere, und die Atmosphäre. Annalen der Chemie und Pharmacie 41, S. 189-219.
- [Liebig, J. von; Mohr, F.] (1904): J. von Liebig und F. Mohr in ihren Briefen. Hrsg. G. W. A. Kahlbaum. Leipzig 1904 [Nachdruck: Leipzig 1970].
- Link, H. F. (1814): Ideen zu einer philosophischen Naturkunde. Breslau.
- Locke, J. (1689): An Essay concerning Human Understanding [1689]. In: The works of John Locke. Vols. I-III. London 1823.
- Mallard, E. (1876): Explication des phénomènes optiques anomaux, que présentent un grand nombre de substances cristallisées. Annales des mines, série 7, Tome 10, S. 60-196. [Separat-Druck: Paris 1877.]
- Marx, K. (1867): Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie [1867]. Bd. I. In: Marx/Engels: Werke. Bd. 23. Berlin 1975.
- Miller, W. H. (1839): A treatise on crystallography. Cambridge.
- Mitscherlich, E. (1818/19): Über die Krystallisation der Salze, in denen das Metall der Basis mit zwei Proportionen Sauerstoff verbunden ist. Abhandlungen der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Aus den Jahren 1818-19. Physikalische Klasse. S. 427-37.
- Mitscherlich, E. (1825): Über die Ausdehnung der krystallisierten Körper durch die Wärme. Abhandlungen der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin für das Jahr 1825. Physikalische Klasse. S. 201-12.
- Mitscherlich, E. (1827): Über die Veränderung der Krystallformen, die durch verschiedene Temperaturgrade bei den schwefelsauren

- und selensauren Salzen hervorgebracht werden. Annalen der Physik und Chemie 11, S. 323-32 & 511-6.
- Mitscherlich, E. (1833): Über das Benzin und die Säuren der Talg- und Ölarthen. Annalen der Physik und Chemie 29, S. 231-2.
- Mitscherlich, E. (1840): Über den Zusammenhang der Kristallform und der chemischen Zusammensetzung. Annalen der Physik und Chemie 49, S. 401-13.
- Mohr, F. (1866a): Geschichte der Erde. Eine Geologie auf neuer Grundlage. Bonn.
- Mohr, F. (1866b): Über die Natur der Silicate. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie (1866), S. 181-92.
- Mohr, F. (1868): Mechanische Theorie der chemischen Affinität und die neuere Chemie. Braunschweig.
- Mohr, F. (1869): Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft, als Grundlage der Physik und Chemie. Ein Nachtrag zur Mechanischen Theorie der chemischen Affinität. Braunschweig.
- Mohs, F. (1836): Leichtfaßliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreichs. Zweite verm. und verb. Auflage. Teil I. Wien.
- Muthmann, W. (1894): Beiträge zur Volumtheorie der krystallisierten Körper. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 22 (1894), S. 497-551.
- Nernst, W. (1913): Theoretische Chemie vom Standpunkt der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. 7. Aufl. Stuttgart.
- Nicklès, J. (1848): Rapports entre la composition et la forme. Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences 27, S. 611-2.
- Nicklès, J. (1849): Sur les rapports qui existent entre la composition et la forme de certains acides, éthers et certaines bases homologues. Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences 29, S. 336-7.
- Nordenskiöld, N. G. (1849): Ueber das atomistisch-chemische Mineral-System und das Examinations-System der Mineralien. Helsingfors.
- Novalis (Friedrich von Hardenberg) (1799-1800): Fragmente und Studien. In: Schriften. Bd. III. Hrsg. von Richard Samuel. Stuttgart 1960.
- Oken, L. (1831): Lehrbuch der Naturphilosophie. 2., umgearb. Aufl. Jena. [1. Aufl. in 3 Bde.: Jena 1809/10.]
- Pasteur, L. (1848): Recherches sur le dimorphisme [1848]. In: Oeuvres. Hrsg. von P. Vallery-Radot. Tom. 1: Dissymétrie moléculaire. Paris 1922. S. 38-58. [Zuerst in: Annales de Chimie 23 (1848), S. 267-94.]
- Pasteur, L. (1860): Ueber die Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organischen Verbindungen. 2 Vorträge gehalten am 20. Januar und 3. Februar 1860 in der Société chimique zu Paris. Übers. und hrsg. von M. und A. Ladenburg. Zweiter, durchges. Abdr. (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, 28) Leipzig 1907.
- Petzoldt, A. (1840): Erdkunde [Geologie]. Leipzig [2. Aufl., Leipzig 1845, u. d. T.: Geologie].
- Pfaff, F. (1860): Grundriss der Mineralogie. Nördlingen.
- Pirsson, L. V. (1894): Über die Kristallform des Enargit. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 23, S. 114-7.
- Quenstedt, F. A. (1855): Handbuch der Mineralogie. Tübingen.
- Quenstedt, F. A. (1873): Grundriß der bestimmenden und rechnenden Krystallographie nebst einer historischen Einleitung. Tübingen.
- Quincke, G. (1894): Ueber freiwillige Bildung von hohlen Blasen, Schaum und Myelinformen durch ölsäure Alkalien und verwandte Erscheinungen, besonders des Protoplasmas. Annalen der Physik und Chemie, N. F. 53, S. 593-632.
- Rammelsberg, C. F. (1850): Über die Zusammensetzung des Turmalins, verglichen mit derjenigen des Glimmers und

- Feldspaths, und über die Ursache der Isomorphie ungleichartiger Verbindungen. Annalen der Physik und Chemie 80, S. 449-93. V#
- Rammelsberg, C. (1854): Ueber das Verhältniss, in welchem isomorphe Körper zusammen krystallisieren, und den Einfluß desselben auf die Form der Krystalle. Annalen der Physik und Chemie 91, S. 321-54.
- Rammelsberg, C. F. (1855): Handbuch der krystallographischen Chemie. Berlin.
- Rau, A. (1877): Die Grundlage der modernen Chemie. Eine historisch-philosophische Analyse. Braunschweig.
- Reicher, L. Th. (1884): Die Temperatur der allotropischen Umwandlung des Schwefels und ihre Abhängigkeit vom Druck. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 8, S. 593-604.
- Reinitzer, F. (1888): Beiträge zur Kenntniss des Cholesterins. Monatshefte für Chemie und verwandte Theile anderer Wissenschaften 9, S. 421-41.
- Reinitzer, F. (1908): Zur Geschichte der flüssigen Kristalle. Annalen der Physik 27 (1908), S. 213-24.
- Retgers, J. W. (1889a): Die Bestimmung des specifischen Gewichts von in Wasser löslichen Salzen. Zeitschrift für physikalische Chemie, Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre 3, S. 289-315.
- Retgers, J. W. (1889b): Das specifische Gewicht isomorpher Mineralien. Zeitschrift für physikalische Chemie, Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre 3, S. 497-561.
- Retgers, J. W. (1889c): Beiträge zur Kenntnis des Isomorphismus (I). Zeitschrift für physikalische Chemie, Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre 4, S. 593-630.
- Rodwell, G. F. (1875): On the effect of heat on iodide of silver. The Chemical News and Journal of the Physical Science 31, S. 4-6.
- Rose, G. (1823): Ueber Feldspath, Albit, Labrador und Anorthit. Annalen der Physik und physikalischen Chemie 13, S. 173-208.
- Rose, G. (1830): Elemente der Krystallographie. Berlin [2. Aufl.: 1833].
- Rose, G. (1852): Das krystallo-chemische Mineralsystem. Leipzig.
- Rose, G. (1864): Zur Erinnerung an E. Mitscherlich. Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft 16, S. 21-72.
- Rose, G. (1868): Ueber die Entdeckung des Isomorphismus. Eine Ergänzung der Gedächtnissrede auf E. Mitscherlich. Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft 20, S. 621-30.
- Rosenbusch, H. (1873): Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Ein Hülfsbuch bei mikroskopischen Gesteinstudien. Stuttgart.
- Rosenbusch, H. (1877): Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Ein Hülfsbuch bei mikroskopischen Gesteinstudien. 2 Bde. [Bd. 1: Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Bd. 2: Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. Stuttgart.
- Roth, J. L. A. (1844): Die Kugelformen im Mineralreiche und deren Einfluss auf die Absonderungsgestalten der Gesteine. Ein Beitrag zur geognostischen Formenlehre mit Rücksicht auf Landschaftsmalerei. Dresden/Leipzig.
- Roth, J. L. A. (1879-1893): Allgemeine und chemische Geologie. 3 Bde. Berlin. [Bd. I (1879): Bildung und Umbildung der Mineralien. Quell-, Fluss- und Meerwasser. Die Absätze. Bd. II in 3 Abt. (1883-87): Petrographie. Bildung, Zusammensetzung und Veränderung der Gesteine). Bd. II/1 (1883): Allgemeines und ältere Eruptivgesteine. Bd. II/2 (1885): Jüngere Eruptivgesteine. Bd. II/3 (1887): Krystallinische Schiefer und Sedimentgesteine. Bd. III/1 (1890): Die Erstarrungskruste und die Lehre vom Metamorphismus. Bd. III/1 (postum 1893

- veröffentl. von Roths Tochter Elisabeth): Verwitterung, Zersetzung und Zerstörung der Gesteine.]
- Sartorius von Waltershausen, W. (1853): Ueber die vulkanischen Gesteine in Sicilien und Island und ihre submarine Umbildung. Göttingen.
- Schelling, F. W. J. (1799a): Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie [1799]. In: Ausgewählte Werke. Bd. V. Darmstadt 1967. S. 1-268.
- Schelling, F. W. J. (1799b): Einleitung zu dem Entwurf eines Systems der Naturphilosophie. Oder über den Begriff der spekulativen Physik und die innere Organisation eines Systems dieser Wissenschaft [1799]. In: Ausgewählte Werke. Bd. V. Darmstadt 1967.
- Schelling, F. W. J. (1800): Vorbericht des Herausgebers. Zeitschrift für spekulative Physik 1, S. 139-42.
- Schönbein, C. F. (1838): Über die Ursache der Farbenveränderung, welche manche Körper unter dem Einflusse der Wärme erleiden. Annalen der Physik 45, S. 263-81.
- Schönbein, C. F. (1844): Beiträge zur physikalischen Chemie. Basel.
- Schönbein, C. F. (1854): Über die chemischen Wirkungen der Electricität, der Wärme und des Lichts. [Sonderdruck aus den "Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Basel"]. Basel.
- Schönflies, A. (1891): Kristallsysteme und Kristallstruktur. Leipzig.
- Schrauf, A. (1867): Physikalische Studien. Die gesetzmässigen Beziehungen von Materie und Licht, mit specieller Berücksichtigung der Molecular-Constitution organischer Reihen und krystallisirter Körper. Wien.
- Schrauf, A. (1866/68): Lehrbuch der physikalischen Mineralogie. 2 Bde. Wien 1866/68.
- Schuster, M. J. (1879): Über die optische Orientierung der Plagioklase. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1879. Math.-nat. Kl. I. Abt. Bd. 80, S. 192-200.
- Schuster, M. (1880): Die optische Orientierung der Plagioklase. [Tschermaks] Mineralogische Mittheilungen 3 (1880), S. 117-284.
- Sohncke, L. (1879): Die Entwicklung einer Theorie der Krystallstruktur. Leipzig.
- Sorby, H. C. (1863): On the Direct Correlation of Mechanical and Chemical Forces. Proceedings of the Royal Society of London 12, S. 538-50.
- Stallo, J. B. (1848): General principles of the philosophy of nature, with an outline of some of its recent developments among the Germans, embracing the systems of Schelling and Hegel, and Oken's system of nature. Boston.
- Steffens, H. (1800): Über den Oxydations- und Desoxydations-Prozeß der Erde. Zeitschrift für spekulative Physik 1, S. 143-68.
- Steffens, H. (1801): Beyträge zur innern Naturgeschichte der Erde. Bd. 1. Freiberg.
- Steffens, H. (1806): Grundzüge der philosophischen Naturwissenschaft. Berlin.
- Steffens, H. (1810): Ueber die Bedingung der Möglichkeit einer innern Naturgeschichte der Erde. In: Geognostisch-geologische Aufsätze als Vorbereitung zu einer innern Naturgeschichte der Erde. Hamburg. S. 145-337.
- Steffens, H. (1821): Schriften. Alt und neu. 2 Bde. Breslau.
- [Strassburger Universitätsreden]: Alte Strassburger Universitätsreden. Zur Erinnerung an die am 1. Mai 1872 gegründete Kaiser Wilhelms Universität Strassburg. Hrsg. vom

- Vorstand der losen Vereinigung ehemaliger Strassburger Dozenten und Studenten. Frankfurt/M. 1932.
- Tammann, G. (1897): Ueber die Grenzen des festen und flüssigen Zustandes. In: Annalen der Physik und Chemie, N.F., 62, S. 280-99.
- Tammann, G. (1903): Kristallisieren und Schmelzen. Ein Beitrag zur Lehre der Änderungen des Aggregatzustandes. Leipzig.
- Thomson, J. (1850): Theoretical Considerations on the Effect of Pressure in Lowering the Freezing Point of Water. Cambridge and Dublin Mathematical Journal 5, S. 248-55.
- Thomson, W. (Lord Kelvin) (1850): Die Wirkung des Drucks, den Gefrierpunkt des Wassers zu erniedrigen, experimentell bewiesen. Annalen der Physik und Chemie 81, S. 163-8.
- Topsøe, H. (1884): Kristallographisch-chemische Untersuchungen homologer Verbindungen (Ausz.). Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 8, S. 246-96
- Tschermak[-Seysenegg], G. [von] (1859): Untersuchungen über das Volumgesetz flüssiger chemischer Verbindungen (I). Annalen der Chemie und Pharmacie 112, S. 129-46.
- Tschermak, G. (1860): Untersuchungen über das Volumgesetz flüssiger chemischer Verbindungen (III). Annalen der Chemie und Pharmacie 114, S. 25-34.
- Tschermak, G. (1864): Chemisch-mineralogische Studien. I. Die Feldspathgruppe. Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw. Klasse 50, 1. Abt., S. 566-613.
- Tschermak, G. (1876): Die Einheit der Entwicklung in der Natur. Vortrag in der feierlichen Sitzung der kais. Akademie der Wissenschaften am 30. Mai 1876. Wien.
- Tschermak, G. (1877): Über den Vulcanismus als kosmische Erscheinung. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw. Klasse 75,1, S. 1-26.
- Tschermak, G. (1878): Die Glimmergruppe. I. Teil. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 2, S. 14-50.
- Tschermak, G. (1879): Die Glimmergruppe. II. Teil. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 3, S. 122-67.
- Tschermak, G. (1885): Lehrbuch der Mineralogie. 2., verb. Aufl. Wien. [1. Auflage: Wien 1884.]
- Tschermak, G. (1903): Eine Beziehung zwischen chemischer Zusammensetzung und Krystallform. Mineralogische und petrographische Mitteilungen 22, S. 393-402.
- Tutton, A. E. H. (1890): Krystallographische Beziehungen zwischen Derivaten des Dibenzoylcinnamens. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 18, S. 545-78.
- Tutton, A. E. H. (1893): Über den Zusammenhang zwischen der Grösse der Winkel der Krystalle von isomorphen Salzreihen und dem Atomgewicht der darin enthaltenen Metalle. Eine Untersuchung der Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze der monosymmetrischen Reihe von Doppelsulfaten $R_2M(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 21, S. 491-573.
- Tutton, A. E. H. (1894): Über den Zusammenhang zwischen den krystallographischen Eigenschaften von isomorphen Salzen und dem Atomgewicht der darin enthaltenen Metalle. Eine vergleichende Untersuchung der normalen Sulfate von Kalium, Rubidium und Cäsium. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 24, S. 1-77.
- Tutton, A. E. H. (1897): Über das Wesen der Einheit der Krystallstructur. Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen über die einfachen und doppelten, Kalium, Rubidium und Caesium enthaltenden Sulfate. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 27, S. 266-84.

- Tutton, A. E. H. (1905): Über topische Axen und über die topischen Parameter der Alkalisulfate und -selenate. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 41, S. 381-7.
- Tutton, A. E. H. (1911): Crystals. (The International Scientific Series, 98) London.
- Tutton, A. E. H. (1922): Crystallography and Practical Crystal Measurement. 2. vols. 2. Aufl. London [1. Aufl.: London 1911].
- Tutton, A. E. H. (1924): The Natural History of Crystals. London.
- Tutton, A. E. H. (1926): Crystalline Form and Chemical Constitution. London.
- Tutton, A. E. H. (1927): The Natural History of Ice and Snow, Illustrated from the Alps. London.
- Vaihinger, H. (1911): Die Philosophie des Als Ob. System der theoretischen, praktischen und religiösen Fiktionen der Menschheit auf Grund eines idealistischen Positivismus. Berlin.
- Van Hise, C. R. (1904a): Report on geophysics. In: Carnegie Institution of Washington, Yearbook No. 2, 1903, Washington. S. 173-84.
- Van Hise, C. R. (1904b): The problems of Geology. Journal of Geology 12, S. 589-616.
- Van Hise, C. R. (1904c): A treatise on metamorphism. (Monographs of the United States Geological Survey, 47) Washington.
- Vernadskij, V. I. (1901): Zur Theorie der Silicate. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 34, S. 37-66.
- Vernadskij, V. I. (1908): Beiträge zur Energetik der Krystalle. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 45, S. 124-42.
- Vernadskij, V. I. (1930): Geochemie in ausgewählten Kapiteln. Übers. von E. Kordes. [Franz. Originalausgabe: La Géochimie, Paris, 1924.]
- Vogt, J. H. L. (1903/1904): Die Silikatschmelzlösungen mit besonderer Rücksicht auf die Mineralbildung und die Schmelzpunkt-Erniedrigung. 2 Bde. [I: Über die Mineralbildung in Silikatschmelzlösungen. II: Über die Schmelzpunkt-Erniedrigung der Silikatschmelzlösungen] Christiania.
- Voigt, W. (1881): Über den Einfluss einer Krümmung der Prismenflächen auf die Messungen von Brechungsindices und über die Beobachtungen des Herrn Calderon an der Zinkblende. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 5, S. 113-30.
- Voigt, W. (1928): Lehrbuch der Kristallphysik. (Mit Ausschluß der Kristalloptik). Nachdruck der ersten Auflage, ergänzt durch eine spätere Arbeit des Verfassers und mit einem Geleitwort von Prof. M. v. Laue. Leipzig und Berlin. [Erste Auflage: Leipzig 1910].
- Vorländer, D. (1908): Kristallinisch-flüssige Substanzen. (Sammlung chemischer und chemisch technischer Vorträge XII, H. 9./10.) Stuttgart. S. 321-402.
- Wagner, J. A. (1833): Betrachtungen über die neuern Ansichten von der Bildung der Gebirgsarten. Bayerische Annalen (1833), S. 98-148.
- Walch, J. G. (1775): Philosophisches Lexicon. 2 Bde. 4. Aufl. [1. Aufl.: 1726]. Leipzig.
- Wallerius, J. G. (1772): Physische Chemie, welche von der Natur und Beschaffenheit der Chemie überhaupt von ihrer Geschichte, Zeichen, sowol leidenden als wirkenden Werkzeugen, und endlich von den Arbeiten und hergebrachten chemischen Körpern, auf systematische Art handelt. Übers. von Christian Andreas Mangold. Schleusingen 1772. [Ein zweiter Teil, übers. von Christian Ehrenfried Weigel, ist erschienen: Leipzig 1776.]
- Wallerius, J. G. (1782): Physisch-chemische Betrachtungen über den Ursprung der Welt, besonders der Erdwelt und ihrer Veränderungen. [Übersetzt von C. F. Keller]. Erfurt [Lat. Orig.-Ausgabe u. d. T.: Meditationes physico-chemicae de

- origine mundi, inprimis geocosmi ejusdemque metamorphosi. Stockholmiae & Upsaliae 1779].
- Weber, M. (1904): Die "Objektivität" sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis [1904]. In: Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre. Hrsg. von J. Winckelmann. 2. Aufl. Tübingen 1951. S. 146-214.
- Weinberg, B. (1906): Über die theoretische Möglichkeit der Existenz von flüssigen Kristallen. Physikalische Zeitschrift 7, S. 831-2.
- Weiß, C. S. (1804): Dynamische Ansicht der Krystallisation. In: R. J. Haüy: Lehrbuch der Mineralogie. Übers. von D. L. G. Karsten und C. S. Weiß. Bd. I. Paris/Leipzig. S. 365-89.
- Weiß, C. S. (1834): Vorbegriffe zu einer Cohäsionslehre. In: Abhandlungen der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahr 1832. Berlin. S. 57-83.
- Werner, A. G. (1787): Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. Dresden.
- Werner, A. G. (1818): Allgemeine Betrachtungen über den festen Erdkörper. In: Auswahl aus den Schriften der unter Werner's Mitwirkung gestifteten Gesellschaft für Mineralogie 1, Dresden, S. 39-56.
- Wilde, O. (1891): The Decay of Lying [1891]. In: Poems and Essays. London 1956. S. 241-66.
- Wilhelm I. (1906): Kaiser Wilhelms des Großen Briefe, Reden und Schriften. Ausgew. und erläutert von Ernst Berner. Bd. II: 1861-1888. Berlin 1906.
- Willstätter, R. (1949): Aus meinem Leben. Von Arbeit, Muße und Freunden. Weinheim.
- Wulff, G. (1908): Über die Natur krystallinischer Flüssigkeiten. Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 45, S. 209-13.
- Wunberg, G. (Hrsg.) (1971): Die literarische Moderne. Dokumente zum Selbstverständnis der Literatur um die Jahrhundertwende. Frankfurt/M.
- Wunberg, G. (Hrsg.) (1981): Die Wiener Moderne. Literatur, Kunst und Musik zwischen 1890 und 1910. Stuttgart.
- Zirkel, F. (1866): Lehrbuch der Petrographie. 2 Bde. Bonn.
- Zirkel, F. (1873): Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine. Leipzig.
- Zirkel, F. (1904): Über die gegenseitigen Beziehungen zwischen der Petrographie und angrenzenden Wissenschaften. Journal of Geology 12, S. 485-500.

3. Sekundärliteratur

- Adams, F. D. (1934): Biographical memoir of Thomas Sterry Hunt 1826-1892. Biographical Memoirs of the National Academy of Science 15 (1934), S. 207-38.
- Adler, J. (1987): "Eine fast magische Anziehungskraft". Goethes 'Wahlverwandtschaft' und die Chemie seiner Zeit. München.
- Alexander, J. C. (1994): Modern, Anti, Post, and Neo: How Social Theories Have Tried to Understand the "New World" of "Our Time". Zeitschrift für Soziologie 23, Heft 3, S. 165-197.
- Amstutz, G. C. (1972): Artikel "V. Goldschmidt". In: Dictionary of Scientific Biography. Hrsg. von Charles C. Gillispie. Bd. V. New York 1972. S. 455-6.
- Armstrong, D. M. (1984): Naturalistische Metaphysik. In: Kanitscheider (Hrsg.) (1984), S. 83-94.
- Asendorf, C. (1984): Batterien der Lebenskraft. Zur Geschichte der Dinge und ihrer Wahrnehmung im 19. Jahrhundert. (Werkbund-Archiv, 13) Gießen.
- Asendorf, C. (1989): Ströme und Strahlen. Das langsame Verschwinden der Materie um 1900. (Werkbund-Archiv, 18) Gießen.
- Ash, M. G. (1996): Wissenschaft - Krieg - Modernität: Einführende Bemerkungen. Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 19, S. 69-75.
- Bachelard, G. (1959): Psychoanalyse des Feuers. Stuttgart. [Franz. Orig.-Ausg.: Psychanalyse du feu. Paris 1938].
- Bachelard, G. (1974): Epistemologie. Ausgewählte Texte. Frankfurt/Berlin/Wien.
- Badger, R. (1979): The Great American Fair. The World's Columbian Exposition & American Culture. Chicago 1979.
- Baeumer, D. (1984): Victor Goldschmidts Harmonielehre der Kristalle. (Orpheus. Schriftenreihe zu Grundfragen der Musik, 36) Bonn.
- Bailes, K. E. (1990): Science and Russian Culture in an Age of Revolution. V. I. Vernadsky and his Scientific School, 1863-1945. Bloomington/Indianapolis.
- Balandin, R. K. (1982): Vladimir Vernadsky. Moskau [russ. Originalausgabe: Moskau 1979].
- Barnes, B.; Bloor, D.; Henry, J. (1996): Scientific Knowledge: A Sociological Analysis. London.
- Baumgart, F. (1972): DuMont's Kleine Kunstgeschichte. Köln.
- Becke, F. (1928): Gustav Tschermak zur Erinnerung. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 39, S. i-x.
- Berg, G. (1942): Karl Gustav Bischof. Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft 94, S. 55-63.
- Berger, P.; Luckmann, T. (1967): The Social Construction of Reality. London.
- Berman, M. (1982): All that is solid melts into air - the experience of modernity. New York.
- Bernal, J. D. (1953): Science and industry in the nineteenth century. London 1953.
- Billington, R. A. (1973): Frederick Jackson Turner. Historian, Scholar, Teacher. New York u. a.
- Bloch, E. (1963): Avicenna und die Aristotelische Linke. Frankfurt/M.
- Bloor, D. (1976): Knowledge and Social Imagery. London.
- Bodenstein, M. (1932): Heinrich Goldschmidt zum fünfundsiebzigsten Geburtstage. Zeitschrift für Elektrochemie 38, S. 899-900.
- Braakenburg, J. (1976): Nachwort des Herausgebers. In: Bölsche, W.: Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Poesie. Prolegomena einer realistischen Aesthetik [Leipzig 1887]. Hrsg. von J. J. Braakenburg. München/Tübingen 1976. S. 84-98.

- Braubach, M. (1967): Bonner Professoren und Studenten in den Revolutionsjahren 1848/49. (Wissenschaftliche Abhandlungen der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bd. 38) Köln/Opladen.
- Bridgwater, P. (1979): The sources of Stramm's originality. In: Adler, J. D.; White, J. J. (Hrsg.) (1979): August Stramm. Kritische Essays und unveröffentlichtes Quellenmaterial aus dem Nachlaß des Dichters. Berlin. S. 31-46.
- Brock, W. H. (1979): Chemical Geology or Geological Chemistry. In: Images of the Earth. Essays in the History of Environmental Sciences. Hrsg. von R. Porter & L. J. Jordanova. Chalfont St. Giles. S. 147-70.
- Brocke, B. vom (1985): 'Wissenschaft und Militarismus'. Der Aufruf der 93 'An die Kulturwelt!' und der Zusammenbruch der internationalen Gelehrtenrepublik im Ersten Weltkrieg. In: Wilamowitz nach 50 Jahren. Darmstadt. S. 649-719.
- Brocke, B. vom (1987): Friedrich Althoff. In: Wissenschaftspolitik in Berlin. Minister - Beamte - Ratgeber. Hrsg. von W. Treue; K. Gründer. (Berlinische Lebensbilder, 3) Berlin. S. 195-214.
- Brocke, B. vom (Hrsg.) (1991): Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftspolitik im Industriezeitalter. Das "System Althoff" in historischer Perspektive. Hildesheim.
- [Brögger, W. C.] (1940): Ved W. C. Brøggers Bortgang. Gravferd og Minnemøte. Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. Oslo.
- Bruch, R. vom; Müller, R. A. (Hrsg.) (1986): Erlebte und gelebte Universität. Die Universität München im 19. und 20. Jahrhundert. Pfaffenhofen.
- Bruch, R. vom; Müller, R. A. (Hrsg.) (1991): Historikerlexikon. Von der Antike bis zum 20. Jahrhundert. München.
- Bruch, R. vom; Graf, F. W.; Hübinger, G. (Hrsg.) (1989/1996): Kultur- und Kulturwissenschaften um 1900. Bd. 1: Krise der Moderne und Glaube an die Wissenschaft. Bd. 2: Idealismus und Positivismus. Stuttgart.
- Bruch, R. vom; Graf, F. W.; Hübinger, G. (1989): Einleitung: Kulturbegriff, Kulturkritik und Kulturwissenschaft um 1900. In: vom Bruch/Graf/Hübinger (Hrsg.) (1989), S. 9-24.
- Bud, R.; Cozzens, S. E. (Hrsg.) (1992): Invisible connections. Instruments, institutions and science. (SPIE Institutes for Advanced Optical Technologies series, Vol. IS 9) Washington.
- Bürger, P. (1981): The significance of the avantgarde for contemporary aesthetics: a reply to Jürgen Habermas. New German Critique Nr. 22, S. 19-22.
- Bungarten, T. (1981): Wissenschaft, Sprache und Gesellschaft. In: Wissenschaftssprache. Beiträge zur Methodologie, theoretischen Fundierung und Deskription. Hrsg. von T. Bungarten. München. S. 14-53.
- Burckhardt, J. J. (1988): Die Symmetrie der Kristalle. Von René-Just Haüy zur kristallographischen Schule in Zürich. Mit einem Beitrag von Erhard Scholz. Basel usw.
- Burke, J. (1966): Origins of the Science of Crystals. Berkeley/Los Angeles.
- Cahan, D. (1989): An Institute for an Empire: The Physikalisch-Technische Reichsanstalt, 1871-1918. Cambridge 1989.
- Cohen, E. (1912): Jacobus Henricus van't Hoff. Sein Leben und Wirken. Leipzig.
- Collett, J. P. (1983): Videnskap og Politikk. Samarbeide og konflikt om forskning for industriformål 1917-1930. (Diss.) Oslo.
- Crosland, M. (1994): In the shadow of Lavoisier: the 'Annales de chimie' and the establishment of a new science. Oxford.
- Daston, L. (1996): Die Angst vor dem Fortschritt - Die Wissenschaften um 1900. Nachrichtenblatt der Deutschen

- Gesellschaft für Geschichte der Medizin, Naturwissenschaften und Technik e. V. 46, S. 126-42.
- Desanti, J.-T. (1975): Mathematik, die Geburt der "Moderne" (1850-1900). In: Geschichte der Philosophie. Bd. VI: Die Philosophie im Zeitalter von Industrie und Wissenschaft (1860-1940). Hrsg. von F. Châtelet. Frankfurt/Main u.a. S. 176-189.
- Düring, I. (1944): Aristotle's Chemical Treatise. Göteborg.
- Eckert, M.; Schubert, H.; Torkar, G. (1992): The Roots of Solid-State Physics before Quantum Mechanics. In: Hoddeson, L.; Braun, E.; Teichmann, J.; Weart, S. (Hrsg.) (1992), S. 3-87.
- Elkana, Y. (1975): The Discovery of the Conservation of Energy. (Monographs in the History of Science Series) Cambridge (Mass.).
- Engelhardt, D. von (1976): Hegel und die Chemie. Studie zur Philosophie und Wissenschaft der Natur um 1800. Wiesbaden.
- [Die] Erfindung der Natur (1994): Die Erfindung der Natur. Max Ernst, Paul Klee, Wols und das surreale Universum. Katalog der Ausstellung im Sprengel Museum Hannover 27.2.-8.5.1994. Freiburg/Br. 1994.
- Eugster, H. P. (1971): The Beginnings of Experimental Petrology. In: Science 173, Nr. 3996, 481-9.
- Faltheiner, O. (1973): Der Briefwechsel E. Fedorov - P. v. Groth. (Dissertation) München.
- Faltheiner, O. (1979): Zur Frühgeschichte der Röntgenstrukturanalyse. Einige ausgewählte Briefe aus dem Nachlaß von Paul von Groth. In: Arithmos-Arraythmos. Skizzen aus der Wissenschaftsgeschichte. Festschrift für Joachim Fleckenstein zum 65. Geburtstag. Hrsg. von K. Figala & E. H. Berninger. München 1979. S. 49-55.
- Feldman, T. S. (1993): The ancient climate in the eighteenth and early nineteenth century. In: Science and nature. Essays in the history of the environmental sciences. Hrsg. von M. Shortland. Oxford. S. 23-40.
- Fichant, M. (1975): Die Epistemologie in Frankreich. In: Geschichte der Philosophie. Hrsg. von F. Châtelet. Bd. 8. Frankfurt/M., S. 118-58.
- Fischer, W. (1961): Gesteins- und Lagerstättenbildung im Wandel der wissenschaftlichen Anschauung. Stuttgart.
- Fischer, W. (1971): Cornelio Doelter (1850-1930). Mineralogisches Mitteilungsblatt des Steiermärkischen Landesmuseums Joanneum, Abteilung für Mineralogie (1971), H. 1/2, S. 1-37.
- Flügel, H. W. (1977): Geologie und Paläontologie an der Universität Graz 1761-1976. (Publikationen aus dem Archiv der Universität Graz; Bd. 7) Graz.
- Fortner, W. (1951): Die Wandlung des musikalischen Materials. Melos 18, S. 163-7.
- Frank, M. (1985): Aufbruch ins Ziellose. Zu einem Zentralmotiv der Moderne. In: Boehm, Gottfried; Stierle, Karlheinz; Winter, Gundolf (Hrsg.): Modernität und Tradition. Festschrift für Max Imdahl zum 60. Geburtstag. München. S. 75-95.
- Fritscher, B. (1987): Johann Nepomuk Fuchs' "Theorie der Erde". Sudhoffs Archiv 71, S. 141-56.
- Fritscher, B. (1988): Die "James Hall-Sammlung" in Keyworth. Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 11, S. 27-34.
- Fritscher, B. (1990): Die Verwissenschaftlichung der Geologie - Zur Bedeutung phänomenologischer und konstruktiver Erfahrungsbegriffe im Vulkanismusstreit. Sudhoffs Archiv 74, S. 22-44.
- Fritscher, B. (1991a): Vulkanismusstreit und Geochemie. Die Bedeutung der Chemie und des Experiments in der Vulkanismus-Neptunismus-Kontroverse. (= Boethius. Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften. Bd. XXV) Stuttgart.

- Fritscher, B. (1991b): Vulkanismusstreit und französische Revolution. Gedanken zu einer zeitlichen Parallele. In: Geosciences/Geowissenschaften. Proceedings of the Symposium of the XVIIIth International Congress of History of Science at Hamburg-Munich, 1.-9. August 1989. (= Abhandlungen zur Geschichte der Geowissenschaften und Religion/Umweltforschung. Bd. V.) Hrsg. von M. Büttner. Bochum. S. 169-85.
- Fritscher, B. (1992): Kant und Werner. Zum Problem einer Geschichte der Natur und zum Verhältnis von Philosophie und Geologie um 1800. Kant-Studien 83, Heft 4, 417-35.
- Fritscher, B. (1993a): Vulkane und Hochöfen. Zur Rolle metallurgischer Erfahrungen bei der Entwicklung der experimentellen Petrologie. Technikgeschichte 60, 27-43.
- Fritscher, B. (1993b): A. G. Werner (1749-1817) als Lehrer der deutschen Naturphilosophie - Zum Werk von Henrik Steffens (1773-1845). In: Zeitschrift für geologische Wissenschaften 21, S. 495-502.
- Fritscher, B. (1994a): Salzbildung und Kontaktmetamorphose. Zur Aufnahme der physikalischen Chemie in den Geowissenschaften um 1900. In: Fritscher, Bernhard; Brey, Gerhard (Hrsg.): Cosmographica et Geographica. Festschrift für Heribert M. Nobis zum 70. Geburtstag. 2. Halbband. (Algorismus. Studien zur Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften; Heft 13) München. S. 281-307.
- Fritscher, B. (1994b): Wissenschaft vom Akzidentellen. Methodische Aspekte der Mineralogie Georgius Agricolae. In: Georgius Agricola - 500 Jahre. Hrsg. von Friedrich Naumann. Basel 1994. S. 82-89.
- Fritscher, B. (1995): Die "Lithotheologia" des Friedrich Christian Lesser. Eine Fallstudie zur Geschichte der Physikotheologie im 18. Jahrhundert. In: Forschungen zur Physikotheologie. Bd. II. Naturwissenschaft, Theologie und Musik in der Aufklärung. Referate des Symposiums in Münster 1995. Hrsg. von M. Büttner & F. Richter. (Physikotheologie im historischen Kontext, 2) Münster 1996. S. 243-67.
- Fritscher, W. (1989): Differenzierung, Verdinglichung und Abstraktion. Über einige Beiträge, die eine autopoietische Systemtheorie zu einer kritischen Theorie moderner Rationalität leisten kann. Frankfurt/Main etc.
- Fritscher, W. (1996): Romantische Beobachtungen. Niklas Luhmanns soziologische Aufklärung als moderne soziologische Romantik. Soziale Systeme 2 (1996), S. 35-51.
- Gaier, U. (1989): Gegenaufklärung im Namen des Logos: Hamann und Herder. In: Schmidt, J. (Hrsg.) (1989), S. 261-76.
- Giddens, A. (1990): The Consequences of Modernity. Stanford.
- Goldschmidt, V. M. (1940): W. C. Brögger som Mineralog og Petrograf. In: Brögger (1940), S. 15-29.
- Goller, P.; Oberkofler, G. (1990): Mineralogie und Geologie an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck (1867-1945). (Veröffentlichungen der Universität Innsbruck, Bd. 173; = Forschungen zur Innsbrucker Universitätsgeschichte, Bd. XV) Innsbruck.
- Gombrich, E. H. (1986): Die Geschichte der Kunst. Neubearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart/Zürich.
- Good, G. A. (Hrsg.) (1994): The Earth, the Heavens and the Carnegie Institution of Washington. (= History of Geophysics Vol. 5) Washington.
- Groth, O. (1948): Die Geschichte der deutschen Zeitungswissenschaft. München 1948.
- Guntau, M. (1967): Zwei Fragmente zum Neptunismus aus dem handschriftlichen Nachlaß von A. G. Werner. Bergakademie 19, S. 112-5.

- Gurjewitsch, A. J. (1980): Das Weltbild des mittelalterlichen Menschen. München.
- Harwood, J. (1994): Institutional innovation in fin de siècle Germany (Essay review). The British Journal for the History of Science 27, S. 197-211.
- Habermas, J. (1981): Die Moderne. Ein unvollendetes Projekt [1981]. In: Wege aus der Moderne. Schlüsseltexte der Postmoderne-Diskussion. Hrsg. von W. Welsch. Weinheim 1988. S. 177-92. [Zuerst in: Habermas, J.: Kleine Politische Schriften (I-IV), Ffm 1981, S. 444-64.]
- Habermas, J. (1985): Der philosophische Diskurs der Moderne. Zwölf Vorlesungen. Frankfurt/M.
- Hafner, E. M. (1969): The New Reality in Art and Science. Comparative Studies in Society and History 11, S. 385-97.
- Hamilton, B. M. (1986): The Development of Chemical Geology in the Nineteenth Century with Special Reference to the Situation in Britain. Earth Sciences History 5, S. 114-23.
- Hartmann, N. (1941): Zur Lehre vom Eidos bei Platon und Aristoteles. Abhandlungen der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Kl., Nr. 8 (1941).
- Henderson, F. R. (1994): Novalis, Schelling and Werner: approaches to method in natural philosophy. In: Fritscher, Bernhard; Brey, Gerhard (Hrsg.): Cosmographica et Geographica. Festschrift für Heribert M. Nobis zum 70. Geburtstag. 2. Halbband. (Algorismus. Studien zur Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften; Heft 13) München. S. 143-81.
- Henderson, F. R. (1995): Novalis's idea of "Experimentalphilosophie". A study of Romantic science in its context. (Unveröff. Dissertation). London.
- Hesse, E. (1981): Victor Goldschmidt. Persönliche Erinnerungen an einen Kristallforscher von Weltruf. Heidelberger Jahrbücher 25, S. 43-56.
- Historisches Wörterbuch der Philosophie. Hrsg. von J. Ritter und K. Gründer. (bisher) 9 Bde. Darmstadt/Basel/Stuttgart 1971ff. [Art. "Form und Materie" (Bd. II, Sp. 977-1030), "Form und Inhalt" (Bd. II, Sp. 975-77), "Energie" (Bd. II, Sp. 494-9), "Antiqui/moderni" (Bd. I, Sp. 407-14); "Modern, die Moderne" (Bd. VI, Sp. 54-62).]
- Hoddeson, L.; Braun, E.; Teichmann, J.; Weart, S. (Hrsg.) (1992): Out of the Crystal Maze. Chapters from the History of Solid-State Physics. New York/Oxford.
- Hofbauer, G. (1993): Die sinnliche Naturgeschichte des Abraham Gottlob Werner - An der Grenze zwischen Empirismus und romantischer Naturphilosophie. In: Zeitschrift für geologische Wissenschaften 21, S. 545-558.
- Hofmann, W. (1970): Von der Nachahmung zur Erfindung der Wirklichkeit. Die schöpferische Befreiung der Kunst, 1890-1917. Köln.
- Hofmann, W. (1974): Das irdische Paradies. Motive und Ideen des 19. Jahrhunderts. 2. Aufl. München.
- Hofmeister, W. (1988): Victor Goldschmidt (1853-1933). Der Atlas, die Kristallographie und die Musik. In: Wer sammelt macht Geschichte. Katalog der 25. Mineralientage München, 14.-16.10.1988. München. S. 110-3.
- Holte dahl, O. (1940): W. C. Brögger som Paleontolog og Geolog. In: Brögger, W. C. (1940), S. 30-43.
- Hooykaas, R. (1994): The historical and philosophical background of Haüy's theory of crystal structure. In: Academiae Analecta. Mededelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België, Klasse der Wissenschaften 56, Nr. 2, S. 1-108.
- Hoppe, B. (1979): Aus der Frühzeit der chemischen Konstitutionsforschung: die Tropanalkaloide Atropin und Cocain

- in Wissenschaft und Wirtschaft. (Deutsches Museum. Abhandlungen und Berichte, 47, H. 3.).
- Hubensteiner, B. (1977): Bayerische Geschichte. Staat und Volk - Kunst und Kultur. München.
- Hübinger, G. (1988): Max Weber und die historischen Kulturwissenschaften. In: Deutsche Geschichtswissenschaft um 1900. Hrsg. von N. Hammerstein. Wiesbaden 1988. S. 269-81.
- Hübinger, G. (1989): Krise und Kultur. Ergebnisse der Schlussdiskussion. In: vom Bruch/Graf/Hübinger (Hrsg.) (1989), S. 197-201.
- Japp, U. (1987): Literatur und Modernität. (Das Abendland. N. F. 17. Forschungen zur Geschichte europäischen Geisteslebens) Frankfurt/Main 1987.
- Jardine, N. (1991): The scenes of inquiry. On the reality of questions in science. Oxford.
- Jardine, N.; Secord, J. A.; Spary, E. (Hrsg.) (1995): Cultures of Natural History. Cambridge.
- Johnson, J. A. (1990): The Kaiser's Chemists. Science and Modernization in Imperial Germany. Chapel Hill/London.
- Jorissen, W. P.; Reicher, L. Th. (1912): J. H. van't Hoff's Amsterdamer Periode 1877-1895. Helder.
- Käsler, D. (1995): Max Weber. Eine Einführung in Leben, Werk und Wirkung. Frankfurt/M.
- Kanitscheider, B. (Hrsg.) (1984): Moderne Naturphilosophie. Würzburg.
- Knorr-Cetina, K. D. (1980): Die Fabrikation von Wissen. Versuch zu einem gesellschaftlich relativierten Wissensbegriff. In: Wissenssoziologie. Hrsg. von N. Stehr & V. Meja. (= Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Sonderheft 22), Opladen. S. 226-45.
- Knorr-Cetina, K. D. (1984): Die Fabrikation von Erkenntnis. Zur Anthropologie der Naturwissenschaft. Frankfurt/Main.
- Knorr-Cetina, K. D. (1994): Primitive classification and postmodernity: Towards a sociological notion of fiction. Theory, Culture and Society 11, S. 1-22.
- Kossock, M. (1989): 1789. Gedanken über den historischen Ort einer großen Revolution. Spectrum 20, S. 36-39.
- Krafft, F. (1976): Tradition in Humanismus und Naturwissenschaft. Die Einheit der Renaissance und die 'zwei Kulturen' der Gegenwart. Humanismus und Technik 20, S. 41-72.
- Krafft, F. (1988): Zum 'Historischen Erfahrungsraum' von Wissenschaft oder: Warum wir uns auf die Geschichte der Wissenschaften besinnen sollten. In: Geisteshaltung und Umwelt. Festschrift zum 65. Geburtstag von Manfred Büttner. (Abhandlungen zur Geschichte der Geowissenschaften und Religion/Umwelt-Forschung. Bd. 1). Hrsg. von Werner Kreisel. Aachen. S. 87-109.
- Krohn, W. (1987): Francis Bacon. (Beck'sche Reihe, 509) München.
- Krohn, W.; Schäfer, W. (1976): The Origins and Structure of Agricultural Chemistry. In: Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines. Hrsg. von G. Lemaire et al. Paris. S. 27-52.
- Krüger, P. (1981): Wladimir Iwanowitsch Wernadskij. (= Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 55). Leipzig.
- Küppers, B.-O. (1984): Das "Paradoxon" der Evolution. Erkenntnistheoretische Überlegungen zum Ursprung des Lebens. In: Kanitscheider, B. (Hrsg.) (1984), S. 317-35.
- Kuhn, T. S. (1976): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Zweite revidierte und um das Postskriptum von 1969 ergänzte Auflage. Frankfurt/M.

- Kuhn, T. S. (1978): Bemerkungen zum Verhältnis von Wissenschaft und Kunst. In: Ders.: Die Entstehung des Neuen. Frankfurt/M., S. 446-60.
- Kullmann, W. (1974): Wissenschaft und Methode. Interpretationen zur aristotelischen Theorie der Naturwissenschaft. Berlin/New York.
- Kultermann, U. (1987): Kleine Geschichte der Kunsttheorie. Darmstadt.
- Lacoste, Y. (1975): Die Geographie. In: Geschichte der Philosophie. Hrsg. von F. Châtelet. Bd. 7. Ffm, S. 231-87.
- Latour, B. (1984): Les microbes, guerre et paix, suivi de Irréduction. Paris.
- Latour, B. (1994): Joliot: Geschichte und Physik im Gemenge. In: Elemente einer Geschichte der Wissenschaften. Hrsg. von Michel Serres. Frankfurt/M. 1994 [Franz. Orig.: Éléments d'histoire des sciences, Paris 1989]. S. 869-903.
- Latour, B. (1995): Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie. Berlin. [Orig.-Ausgabe u. d. T.: Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique. Paris 1991.]
- Laudan, R. (1982): Tensions in the Concept of Geology: Natural History or Natural Philosophy? In: Earth Sciences History 1, S. 7-13.
- Laue, M. von (1943): Zu P. v. Groths 100. Geburtstage. Zeitschrift für Kristallographie 105, S. 81.
- Lefebvre, H. (1978): Einführung in die Modernität. Zwölf Präludien. Ffm. [Franz. Originalausgabe: Introduction à la Modernité. Préludes. Paris 1962.]
- Le Rider, J. (1989): Freud zwischen Aufklärung und Gegenaufklärung. In: Schmidt, J. (Hrsg.) (1989), S. 475-96.
- Levere, T. H. (1971): Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800-1865. Oxford.
- Levere, T. H. (1981): Poetry Realized in Nature. Samuel Taylor Coleridge and Early Nineteenth-Century Science. Cambridge.
- Levere, T. H. (1986): Hegel and the earth sciences. In: Hegels Philosophie der Natur. Beziehungen zwischen empirischer und spekulativer Naturerkenntnis. Hrsg. von R. P. Horstmann; M. J. Petry. Stuttgart 1986. S. 103-20.
- Levinson[Loewinson]-Lessing, F. J. (1954): A Historical Survey of Petrology. [Übers.: S. I. Tomkeieff. Russ. Originalausgabe: Vredenie v Istoriu Petrografii. 1936]. London.
- Lima-de-Faria, J. (1994): Structural Mineralogy. An Introduction. Dordrecht.
- Loo, H. van der; Reijen, W. van (1992): Modernisierung. Projekt und Paradox. [Niederl. Orig.-Ausgabe u. d. T.: Paradoxen van modernisering. Een sociaalwetenschappelijke benadering (1990)] München.
- Luhmann, N. (1995): Die Kunst der Gesellschaft. Frankfurt/M.
- Lyotard, J.-F. (1986a): Das postmoderne Wissen. Ein Bericht. Graz/Wien [Franz. Orig.: La condition postmoderne, Paris 1979].
- Lyotard, J.-F. (1986b): Grundlagenkrise. In: Argumentation in der Philosophie. Hrsg. von R. Bubner/K. Cramer/R. Wiehl. (Neue Hefte für Philosophie, H. 26) Göttingen, S. 1-33.
- Malley, M. (1994): Thermodynamics and cold light. Annals of Science 51, S. 203-224.
- Manten, A. A. (1966): Historical Foundations of Chemical Geology and Geochemistry. Chemical Geology 1, S. 5-31.
- Martin, R. E. (1981): American literature and the universe of force. Durham/North Carolina.
- Mason, B. (1992): Victor Moritz Goldschmidt: Father of Modern Geochemistry. (Geochemical Society, Special publication series, 4) Calgary.

- Mason, B.; Moore, C. B. (1985): Grundzüge der Geochemie. Stuttgart. [Engl. Orig.: Principles of Geochemistry. 1966, 1982].
- Mauskopf, S. H. (1976): Crystals and compounds: Molecular structure and composition in nineteenth-century French science. (Transactions of the American Philosophical Society, new series, 66/3). Philadelphia.
- Medenbach, O.; Mirwald, P. W.; Kubath, P. (1995): Rho und Phi, Omega und Delta. Die Winkelmessung in der Mineralogie. [Sonderdruck aus: Mineralienwelt 5 (1995).]
- Mehrtens, H. (1990): Moderne - Sprache - Mathematik. Eine Geschichte des Streits um die Grundlagen der Disziplin und des Subjekts formaler Systeme. Ffm.
- Mehrtens, H.; Bos, H.; Schneider, Ivo (Hrsg.) (1981): Social History of Nineteenth Century Mathematics. Boston/Basel/Stuttgart.
- Meinel, C. (1991): Karl Friedrich Zöllner und die Wissenschaftskultur der Gründerzeit. Eine Fallstudie zur Genese konservativer Zivilisationskritik. (Berliner Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, H. 13) Berlin.
- Metzger, H. (1918): La genèse de la science des cristaux. Paris [Reprint: Paris 1969].
- Meurers, J. (1976): Metaphysik und Naturwissenschaft. Eine philosophische Studie über naturwissenschaftliche Problemkreise der Gegenwart. Darmstadt.
- Mieleitner, K. (1922): Geschichte der Mineralogie im Altertum und im Mittelalter. Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie 7, S. 427-80.
- Mieleitner, K. (1923): Verzeichnis der Arbeiten P. H. v. Groths, nach Jahren geordnet. Zeitschrift für Kristallographie 58, S. 3-6.
- Milch, L. (1928): Zum 75. Geburtstag von V. Goldschmidt. In: Festschrift für V. Goldschmidt zum 75. Geburtstag. Hrsg. von der Eduard-und-Josefine-von-Portheim-Stiftung. Heidelberg.
- Moser, B. (1988): Erzherzog Johann von Österreich (1782-1859). Gründer des Joanneums und Sammler für sein Volk. In: Wer sammelt macht Geschichte. Katalog der 25. Mineralientage München, 14.-16.10.1988. München, S. 97.
- Münch, R. (1984): Die Struktur der Moderne. Grundmuster und differentielle Gestaltung des institutionellen Aufbaus der modernen Gesellschaft. Ffm.
- Münch, R. (1986): Die Kultur der Moderne. 2 Bde. [Bd. 1: Ihre Grundlagen und ihre Entwicklung in England und Amerika. Bd. 2: Ihre Entwicklung in Frankreich und Deutschland]. Frankfurt/M. 1986.
- Nebelin, M. (1991): Die Reichsuniversität Straßburg als Modell und Ausgangspunkt der deutschen Hochschulreform. In: vom Brocke (Hrsg.) (1991), S. 61-68.
- Nelson, B. (1986): Der Ursprung der Moderne. Vergleichende Studien zum Zivilisationsprozeß. Frankfurt/M.
- Nohl, H. (1954): Die ästhetische Wirklichkeit. Eine Einführung. 2. Aufl. Frankfurt/M.
- Oakes, G. (1982): Die Grenzen kulturwissenschaftlicher Begriffsbildung. Heidelberger Max Weber-Vorlesungen 1982. Frankfurt/M.
- Oftedal, I. (1947): V. M. Goldschmidt. Minnetale i Norsk geologisk forening 10. april 1947. Norsk Geologisk Tidsskrift 27, S. 143-9.
- Oldroyd, D. R. (1975): Mineralogy and the 'Chemical Revolution'. Centaurus 19, S. 54-71.

- Oldroyd, D. R. (1986): The arch of knowledge. An introductory study of the history of the philosophy and methodology of science. New York/London.
- Oldroyd, D. R. (1996): Thinking about the earth: A history of ideas in geology. London.
- Otte, M. (1994): Das Formale, das Soziale und das Subjektive. Eine Einführung in die Philosophie und Didaktik der Mathematik. Ffm.
- Partington, J. R. (1961-70): A history of chemistry. 4 Bde. London.
- Peukert, D. J. (1989a): Max Webers Diagnose der Moderne. Göttingen.
- Peukert, D. J. (1989b): "Der Tag klingt ab, allen Dingen kommt nun der Abend ..." - Max Webers "unzeitgemäße" Begründung der Kulturwissenschaften. In: vom Bruch/Graf/Hübinger (Hrsg.) (1989), S. 155-73.
- Piechotta, H. J.; Wuthenow, R.-R.; Rothemann, S. (Hrsg.) (1994): Die literarische Moderne in Europa. 3 Bde. Opladen 1994. [Bd. I: Erscheinungsformen literarischer Prosa um die Jahrhundertwende. Bd. II: Formationen literarischer Avantgarde. Bd. III: Aspekte der Moderne in der Literatur bis zur Gegenwart.]
- Plessner, H. (1970): The social conditions of modern painting. In: Aisthesis and Aesthetics. Hrsg. von E. Strauss und R. W. Griffith. Pittsburgh. S. 178-88.
- Pool, P. (1970): Die Kunst des Impressionismus. München/Zürich.
- Quine, W. van Orman (1969): Natural Kinds. In: Essays in Honor of Carl G. Hempel. Hrsg. von N. Rescher et al. Dordrecht. S. 5-23.
- Reese-Schäfer, W. (1989): Lyotard zur Einführung. 2., erw. Aufl. Hamburg.
- Reingold, N. (1979): National Science Policy in a Private Foundation: The Carnegie Institution of Washington. In: The Organization of Knowledge in Modern America, 1860-1920. Hrsg. von Alexandra Oleson und John Voss. Baltimore/London 1979. S. 313-41.
- Renger, C. (1982): Die Gründung und Einrichtung der Universität Bonn und die Berufungspolitik des Kultusministers Altenstein. (Academia Bonnensia. Veröffentlichungen des Archivs der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, Bd. 7) Bonn.
- Rosenberg, C. (1979): Toward an ecology of knowledge: On discipline, context, and History. In: The Organization of Knowledge in Modern America, 1860-1920. Hrsg. von Alexandra Oleson and John Voss. Baltimore/London. S. 440-55.
- Rovan, J. (1995): Geschichte der Deutschen. Von ihren Ursprüngen bis heute. München/Wien.
- [Rundgang] (1995): Rundgang durch die Geschichte der Universität Wien. Ausstellung im Rahmen der Präsentation der Universität Wien in Brunn vom 19. 10. bis 12. 11. 1995. Textgestaltung und Bildauswahl von K. Mühlberger; T. Maisel. Archiv der Universität: Wien.
- Rupke, N. A. (1983): The Study of Fossils in the Romantic Philosophy of History and Nature. History of Science 21, S. 389-413.
- Schmalenbach, F. (1965): Impressionismus. Versuch einer Systematisierung [1965]. In: Schmalenbach, F.: Studien über Malerei und Malereigeschichte. Berlin 1972. S. 11-27. [Zuerst in: Neue Züricher Zeitung, 4.4.1965].
- Schmidt, J. (Hrsg.) (1989): Aufklärung und Gegenaufklärung in der europäischen Literatur, Philosophie und Politik von der Antike bis zur Gegenwart. Darmstadt.

- Schmidt, J. (1989): Einleitung: Aufklärung, Gegenaufklärung, Dialektik der Aufklärung. In: Schmidt, J. (Hrsg.) (1989), S. 1-31.
- Schulz, H. (1967): Über den historischen Charakter geochemischer Bedingungen. Berichte der deutschen Gesellschaft für geologische Wissenschaften. Reihe B. Mineralogie und Lagerstättenforschung 12, S. 99-113.
- Schütt, H.-W. (1973a): Wollaston, Fuchs, Gay-Lussac und Klaproth als Vorläufer Mitscherlichs. Deutsches Museum. Abhandlungen und Berichte 41, S. 5-28.
- Schütt, H.-W. (1973b): Calciumcarbonatkristalle als Streitobjekte in Chemie und Mineralogie. Rete. Strukturgeschichte der Naturwissenschaften 2, S. 253-68.
- Schütt, H.-W. (1977): Die Geschichte des Relationssatzes als Beispiel der Entstehung und Auflösung einer wissenschaftlichen Konzeption. In: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen und die Geschichte der Wissenschaften. Hrsg. von A. Diemer. Meisenheim am Glan. S. 49-60.
- Schütt, H.-W. (1984): Die Entdeckung des Isomorphismus. Eine Fallstudie zur Geschichte der Mineralogie und der Chemie. (Arbor Scientiarum. Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte. Reihe A: Abhandlungen, Bd. IX) Hildesheim.
- Schütt, H.-W. (1992): Eilhard Mitscherlich. Baumeister am Fundament der Chemie. (Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, N. F. 8) München.
- Schwarzmann, S. (1988): Paul Ritter von Groth (1843-1927). Die Terminologische Sammlung: System, Unterrichtsmaterial und Ausstellung. In: Wer sammelt macht Geschichte. Katalog der 25. Mineralientage München, 14.-16.10.1988. München. S. 109-10.
- Sedlmayr, H. (1964): Der Tod des Lichtes. Übergangene Perspektiven zur modernen Kunst. Salzburg 1964.
- Seifert, A. (1976): Cognitio historica. Die Geschichte als Namengeberin der frühneuzeitlichen Empirie. Berlin.
- Seligman, A. B. (1990): Towards a reinterpretation of modernity in an age of postmodernity. In: Turner, Bryan S. (Ed.) (1990), S. 117-35.
- Sengör, A. M. C. (1991): Timing of orogenic events: a persistent geological controversy. In: Müller, D. W.; McKenzie, J. A.; Weissert, H. (Hrsg.): Controversies in modern geology: evolution of geological theories in sedimentology, earth history and tectonics. London/San Diego/Boston usw. (1991). S. 403-473.
- Servos, J. W. (1983a): To explore the borderland: The foundation of the Geophysical Laboratory of the Carnegie Institution of Washington. Historical studies in the physical sciences 14 (1983), S. 147-85.
- Servos, J. W. (1983b): The intellectual basis of specialization: Geochemistry in America, 1890-1915. In: Chemistry and modern society: Essays in honor of Aron J. Ihde. Washington, D. C., S. 1-19.
- Shafranovsky, I. I. (1978/1980): Istoriya kristallografii s drevneishikh vremën do nashikh dnei (Geschichte der Kristallographie von der Antike bis heute). 2 Bde. Leningrad. (russ.)
- Shapin, S. (1984): Pump and Circumstance: Robert Boyle's Literary Technology. Social Studies of Science 14, Nr. 4, S. 481-520.
- Shapin, S. (1994): A social history of truth. Civility and science in seventeenth-century England. Chicago/London.
- Shapin, S.; Schaffer, S. (1985): Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle and the Experimental Life. Princeton.
- Smart, B. (1990): Modernity, postmodernity and the present. In: Turner, Bryan S. (Hrsg.) (1990), S. 14-30.

- Snelders, H. A. M. (1973): De invloed van Kant, de Romantiek en de 'Naturphilosophie' op de anorganische Natuurwetenschappen in Duitsland. (Dissertation; masch. Vervielf.). Utrecht.
- Sommerfeldt, W. P. (1949): V. M. Goldschmidts Forfatterskap [Bibliographie der Werke V. M. Goldschmidts]. Norsk geologisk tidsskrift 27, 150-63.
- Sosman, R. B. (1964): Memorial to Arthur Louis Day. Proceedings of the Geological Society of America (1964), S. 147-55.
- Specht, R. (1989): John Locke. München.
- Steinmetz, H. (1943): P. von Groth. Die Naturwissenschaften 31, S. 281-5.
- Steinmetz, H.; Weber, L. (1938): P. v. Groth. Der Gründer der "Zeitschrift für Kristallographie". Zeitschrift für Kristallographie, Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie 100, S. 5-46.
- Strunz, H. (1941): Mineralogische Tabellen. Im Auftrag der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft hrsg. von Hugo Strunz. Leipzig.
- Strunz, H. (1970): Von der Bergakademie zur Technischen Universität Berlin, 1770-1970. Berlin.
- Strunz, H. (1996): Chemical-structural mineral classification. Principles and summary of system. Neues Jahrbuch für Mineralogie. Monatshefte. H. 10 (1966), S. 435-45.
- Teichmann, J. (1988): Zur Geschichte der Festkörperphysik. Farbzentrenforschung bis 1940. (= Boethius. Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften. Bd. XVII). Stuttgart.
- Theunissen, B. (1994): Knowledge is power: Hugo de Vries on science, heredity and social progress. The British Journal for the History of Science 27, S. 291-311.
- Tilley, C. E. (1948): Victor Moritz Goldschmidt. Obituary Notices of Fellows of the Royal Society 6, No. 17, S. 51-66.
- Trischler, H. (1996): Die neue Räumlichkeit des Krieges: Wissenschaft und Technik im Ersten Weltkrieg. Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 19, S. 95-103.
- Tschermak-Seysenegg, E. von: Leben und Wirken eines österreichischen Pflanzenzüchters. Beitrag zur Geschichte der Wiederentdeckung der Mendelschen Gesetze und ihre Anwendung für die Pflanzenzüchtung. Berlin/Hamburg 1958.
- Turner, B. S. (1990): Periodization and politics in the postmodern. In: Turner, Bryan S. (Hrsg.) (1990), S. 1-13.
- Turner, B. S. (Hrsg.) (1990): Theories of modernity and postmodernity. London.
- Turner, C. (1990): Lyotard and Weber: postmodern rules and neo-kantian values. In: Turner, Bryan S. (Hrsg.) (1990), S. 108-16.
- Vance, M. M. (1960): Charles Richard Van Hise. Scientist Progressive. Madison (Wisc.).
- Vierhaus, R.; Brocke, B. vom (Hrsg.) (1990): Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft. Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft. Stuttgart.
- Volhard, J.; Fischer, E. (1902): A. W. Hofmann. Ein Lebensbild. Berlin.
- Wagenbreth, O. (1981): Der sächsische Mineraloge und Geologe Carl Friedrich Naumann (1797-1873). In: Geologen der Goethezeit. Hrsg. von H. Prescher. Essen. S. 313-396.
- Wagner, P. (1995): Soziologie der Moderne. Frankfurt/M./New York.
- Weart, S. R. (1992): The Solid Community. In: Hoddeson, L.; Braun, E.; Teichmann, J.; Weart, S. (Hrsg.) (1992), S. 617-69.
- Weiland, R. (Hrsg.) (1995): Philosophische Anthropologie der Moderne. Weinheim.
- Welsch, W. (1993): Unsere postmoderne Moderne. 4. Aufl. Weinheim.

- Welsch, W. (Hrsg.) (1988): Wege aus der Moderne. Schlüsseltexte der Postmoderne-Diskussion. Weinheim 1988.
- Yochelson, E. L. (1994): Andrew Carnegie and Charles Doolittle Walcott: The Origin and Early Years of the Carnegie Institution of Washington. In: Good, G. (Hrsg.) (1994), S. 1-19.
- Yochelson, E. L.; Yoder, H. S., Jr. (1994): Founding the Geophysical laboratory, 1901-1905: A scientific bonanza from perception and persistence. Bulletin of the Geological Society of America 106, S. 338-50.
- Yoder, H. S., Jr. (1980): Experimental mineralogy: achievements and prospects. Bulletin de Minéralogie 103, 5-26.
- Yoder, H. S., Jr. (1992): Norman L. Bowen (1887-1956), MIT Class of 1912, First Predoctoral Fellow of the Geophysical Laboratory. Earth Sciences History 11, 45-55.
- Yoder, H. S., Jr. (1994): Development and Promotion of the Initial Scientific Program for the Geophysical Laboratory. In: Good, G. (Hrsg.) (1994), S. 21-28.